

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

K. Kuribayashi  
2/9/04  
Q 77322  
1 of 1

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 2月28日  
Date of Application:

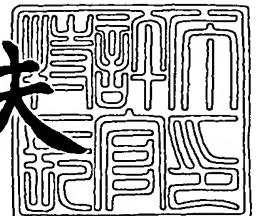
出願番号 特願2003-054310  
Application Number:  
[ST. 10/C]: [JP 2003-054310]

出願人 日本電気株式会社  
Applicant(s):

2003年 8月 8日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2003-3063953

【書類名】 特許願  
【整理番号】 33509973  
【提出日】 平成15年 2月28日  
【あて先】 特許庁長官 殿  
【国際特許分類】 G02F 1/35  
H04L 25/56

## 【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内

【氏名】 栗林 亮介

## 【特許出願人】

【識別番号】 000004237

【氏名又は名称】 日本電気株式会社

## 【代理人】

【識別番号】 100088328

## 【弁理士】

【氏名又は名称】 金田 暢之

【電話番号】 03-3585-1882

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100106297

## 【弁理士】

【氏名又は名称】 伊藤 克博

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100106138

## 【弁理士】

【氏名又は名称】 石橋 政幸

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 089681

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9710078

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光信号再生中継器、光ゲートの制御方法および光信号再生方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 外部より受信した光通信信号パルスから元の光通信信号パルスを再生する第 1 の光 3 R 器を少なくとも 1 つ有し、

前記第 1 の光 3 R 器は、

前記光通信信号パルスからクロックを抽出し、該抽出したクロックに同期した第 1 のクロック光パルスを生成する第 1 のクロック抽出部と、

前記光通信信号パルスに対応する制御光によりゲートの開閉が行なわれるとともに、前記クロック抽出部で生成された第 1 のクロック光パルスが被制御光として供給され、前記ゲートの開閉に応じて該被制御光から前記元の光通信信号パルスに対応する第 1 の再生信号パルスを得る第 1 の光ゲートとを有し、

前記制御光および被制御光の一方のパルス時間幅が他方のパルス時間幅より狭いことを特徴とする光信号再生中継器。

【請求項 2】 前記被制御光のパルス時間幅が前記制御光のパルス時間幅より狭いことを特徴とする請求項 1 に記載の光信号再生中継器。

【請求項 3】 前記第 1 の光 3 R 器から出力された第 1 の再生信号パルスが中間信号光として供給され、該供給された中間信号光から前記元の光通信信号パルスを再生する第 2 の光 3 R 器をさらに有することを特徴とする請求項 2 に記載の光信号再生中継器。

【請求項 4】 前記第 2 の光 3 R 器は、

前記中間信号光からクロックを抽出して、該抽出したクロックに同期した所定のパルス時間幅を有する第 2 のクロック光パルスを生成する第 2 のクロック抽出部と、

前記中間信号光によりゲートの開閉が行われるとともに、前記第 2 のクロック抽出部で生成された第 2 のクロック光パルスが被制御光として供給され、前記ゲートの開閉に応じて該被制御光から前記元の光通信信号パルスに対応する第 2 の再生信号パルスを得る第 2 の光ゲートとを有することを特徴とする請求項 3 に記載の光信号再生中継器。

【請求項 5】 前記所定のパルス時間幅が前記光通信信号パルスのパルス時間幅と同じであることを特徴とする請求項 4 に記載の光信号再生中継器。

【請求項 6】 前記所定のパルス時間幅が前記中間信号光のパルス時間幅と同じであり、

前記第 2 の光ゲートで得られた第 2 の再生信号パルスのパルス時間幅を所定のパルス時間幅に変換するパルス幅変換器をさらに有することを特徴とする請求項 4 に記載の光信号再生中継器。

【請求項 7】 前記パルス幅変換器で変換された後の前記第 2 の再生信号パルスのパルス時間幅が前記光通信信号パルスのパルス時間幅と同じであることを特徴とする請求項 6 に記載の光信号再生中継器。

【請求項 8】 前記第 2 の光 3 R 器は、

前記第 1 のクロック抽出部で生成された第 1 のクロック光パルスからクロックを抽出して、該抽出したクロックに同期した所定のパルス時間幅を有する第 2 のクロック光パルスを生成する第 2 のクロック抽出部と、

前記中間信号光によりゲートの開閉が行われるとともに、前記第 2 のクロック抽出部で生成された第 2 のクロック光パルスが被制御光として供給され、前記ゲートの開閉に応じて該被制御光から前記元の光通信信号パルスに対応する第 2 の再生信号パルスを得る第 2 の光ゲートとを有することを特徴とする請求項 3 に記載の光信号再生中継器。

【請求項 9】 前記第 2 の光 3 R 器は、

前記第 1 のクロック抽出部で生成された第 1 のクロック光パルスのパルス時間幅を所定のパルス時間幅に変換するパルス幅変換器と、

前記中間信号光によりゲートの開閉が行われるとともに、前記パルス幅変換器にてパルス時間幅が変換された第 1 のクロック光パルスが被制御光として供給され、前記ゲートの開閉に応じて該被制御光から前記元の光通信信号パルスに対応する第 2 の再生信号パルスを得る第 2 の光ゲートとを有することを特徴とする請求項 3 に記載の光信号再生中継器。

【請求項 10】 前記第 2 の光ゲートに供給される被制御光のパルス時間幅が前記光通信信号パルスのパルス時間幅と同じであることを特徴とする請求項 8

または 9 に記載の光信号再生中継器。

【請求項 11】 前記第 2 の光 3 R 器は、

前記中間信号光によりゲートの開閉が行われるとともに、前記第 1 のクロック抽出部で生成された第 1 のクロック光パルスが被制御光として供給され、前記ゲートの開閉に応じて該被制御光から前記元の光通信信号パルスに対応する第 2 の再生信号パルスを得る第 2 の光ゲートと、

前記第 2 の光ゲートで得られた第 2 の再生信号パルスのパルス時間幅を所定のパルス時間幅に変換するパルス幅変換器とを有することを特徴とする請求項 3 に記載の光信号再生中継器。

【請求項 12】 前記第 1 のクロック抽出部で生成された第 1 のクロック光パルスの波長を任意の波長に変換する波長変換器をさらに有することを特徴とする請求項 9 または 11 に記載の光信号再生中継器。

【請求項 13】 前記第 1 の光 3 R 器から出力された第 1 の再生信号パルスのパルス時間幅を所定のパルス時間幅に変換するパルス幅変換器をさらに有することを特徴とする請求項 2 に記載の光信号再生中継器。

【請求項 14】 前記第 1 の光 3 R 器に供給される光通信信号パルスまたは前記パルス幅変換器に供給される第 1 の再生信号パルスの波長を任意の波長に変換する波長変換器をさらに有することを特徴とする請求項 13 に記載の光信号再生中継器。

【請求項 15】 前記光通信信号パルスのパルス時間幅を所定のパルス時間幅に変換するパルス幅変換器をさらに有し、該パルス幅変換器でパルス時間幅が変換された光通信信号パルスが前記制御光として前記第 1 の光ゲートに供給されることを特徴とする請求項 1 に記載の光信号再生中継器。

【請求項 16】 前記パルス幅変換器または第 1 の光 3 R 器に供給される光通信信号パルスまたは前記第 1 の光 3 R 器から出力される第 1 の再生信号パルスの波長を任意の波長に変換する波長変換器をさらに有することを特徴とする請求項 15 に記載の光信号再生中継器。

【請求項 17】 第 1 のパルス時間幅を有する被制御光を非線形光位相シフタに供給するステップと、

第2のパルス時間幅を有する制御光を前記非線形光位相シフタに供給して前記被制御光の所定のパルスに非線形光位相シフトを生じさせるステップとを含み、

前記第1および第2のパルス時間幅の一方が他方より狭くなるようにしたことを特徴とする光ゲートの制御方法。

【請求項18】 外部より受信した光通信信号パルスから元の光通信信号パルスを再生する光信号再生方法であって、

前記光通信信号パルスからクロックを抽出し、該抽出したクロックに同期した第1のクロック光パルスを生成する第1のステップと、

前記光通信信号パルスを制御光として第1の光ゲートに供給してゲートの開閉を行わせる第2のステップと、

前記第1のステップで生成した第1のクロック光パルスを被制御光として前記第1の光ゲートに供給し、前記ゲートの開閉に応じて該被制御光から前記元の光通信信号パルスに対応する第1の再生信号パルスを得る第3のステップとを含み、

前記制御光および被制御光の一方のパルス時間幅が他方のパルス時間幅より狭くなるようにした光信号再生方法。

【請求項19】 前記第3のステップで得られた第1の再生信号パルスからクロックを抽出して、該抽出したクロックに同期した所定のパルス時間幅を有する第2のクロック光パルスを生成する第4のステップと、

前記第3のステップで得られた第1の再生信号パルスを制御光として第2の光ゲートに供給してゲートの開閉を行わせる第5のステップと、

前記第4のステップで生成した第2のクロック光パルスを被制御光として前記第2の光ゲートに供給し、前記第1の再生信号パルスによるゲートの開閉に応じて該被制御光から前記元の光通信信号パルスに対応する第2の再生信号パルスを得る第6のステップとをさらに含むことを特徴とする請求項18に記載の光信号再生方法。

【請求項20】 前記第6のステップで得られた第2の再生信号パルスのパルス時間幅を所定のパルス時間幅に変換する第7のステップをさらに含むことを特徴とする請求項19に記載の光信号再生方法。

【請求項 21】 前記第 1 のステップで生成した第 1 のクロック光パルスからクロックを抽出して、該抽出したクロックに同期した所定のパルス時間幅を有する第 2 のクロック光パルスを生成する第 4 のステップと、

前記第 3 のステップで得られた第 1 の再生信号パルスを制御光として第 2 の光ゲートに供給してゲートの開閉を行わせる第 5 のステップと、

前記第 4 のステップで生成した第 2 のクロック光パルスを被制御光として前記第 2 の光ゲートに供給し、前記第 1 の再生信号パルスによるゲートの開閉に応じて該被制御光から前記元の光通信信号パルスに対応する第 2 の再生信号パルスを得る第 6 のステップとをさらに含むことを特徴とする請求項 18 に記載の光信号再生方法。

【請求項 22】 前記第 1 のステップで生成した第 1 のクロック光パルスのパルス時間幅を所定のパルス時間幅に変換する第 4 のステップと、

前記第 3 のステップで得られた第 1 の再生信号パルスを制御光として第 2 の光ゲートに供給してゲートの開閉を行わせる第 5 のステップと、

前記第 4 のステップでパルス時間幅が変換された第 1 のクロック光パルスを被制御光として前記第 2 の光ゲートに供給し、前記第 1 の再生信号パルスによるゲートの開閉に応じて該被制御光から前記元の光通信信号パルスに対応する第 2 の再生信号パルスを得る第 6 のステップとをさらに含むことを特徴とする請求項 18 に記載の光信号再生方法。

【請求項 23】 前記第 3 のステップで得られた第 1 の再生信号パルスを制御光として第 2 の光ゲートに供給してゲートの開閉を行わせる第 4 のステップと、

前記第 1 のステップで生成した第 1 のクロック光パルスを被制御光として前記第 2 の光ゲートに供給し、前記第 1 の再生信号パルスによるゲートの開閉に応じて該被制御光から前記元の光通信信号パルスに対応する第 2 の再生信号パルスを得る第 5 のステップと、

前記第 5 のステップで得られた第 2 の再生信号パルスのパルス時間幅を所定のパルス時間幅に変換する第 6 のステップとをさらに含むことを特徴とする請求項 18 に記載の光信号再生方法。

【請求項 24】 前記第 1 のステップで生成した第 1 のクロック光パルスの波長を任意の波長に変換する第 7 のステップをさらに含むことを特徴とする請求項 22 または 23 に記載の光信号再生方法。

【請求項 25】 前記第 3 のステップで得られた第 1 の再生信号パルスのパルス時間幅を所定のパルス時間幅に変換する第 4 のステップをさらに含むことを特徴とする請求項 18 に記載の光信号再生方法。

【請求項 26】 前記第 2 のステップで前記第 1 の光ゲートに供給される光通信信号パルスまたは前記第 3 のステップで得られた第 1 の再生信号パルスの波長を任意の波長に変換する第 5 のステップをさらに含むことを特徴とする請求項 25 に記載の光信号再生方法。

【請求項 27】 前記第 2 のステップで前記第 1 の光ゲートに供給される光通信信号パルスのパルス時間幅を所定のパルス時間幅に変換する第 4 のステップをさらに含むことを特徴とする請求項 18 に記載の光信号再生方法。

【請求項 28】 前記第 2 のステップで前記第 1 の光ゲートに供給される光通信信号パルスまたは前記第 3 のステップで得られた第 1 の再生信号パルスの波長を任意の波長に変換する第 5 のステップをさらに含むことを特徴とする請求項 27 に記載の光信号再生方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は、デジタル光通信において用いられる光中継器に関し、特に、デジタル信号光を再生しながら中継する光信号再生中継器に関する。さらに、本発明は、そのような光信号再生中継器に用いられている光ゲートの制御方法および光信号再生方法に関する。

##### 【0002】

#### 【従来の技術】

デジタル光通信では、光通信信号（デジタル信号光）は、光ファイバよりなる伝送路を伝搬する際に波長分散、非線形効果、タイミングジッタなどの様々な要因により劣化する。このため、劣化して受信した光通信信号を、パルス再生によ

って劣化する前の光通信信号と同じ信号光に再生しながら中継する光信号再生中継器が一般に用いられている。

#### 【0003】

光信号再生中継器の1つに、強度再生 (Reamplifying)、波形再生 (Reshaping)、タイミング再生 (Retiming) の3R機能を有する光3R器がある。強度再生は、歪んだ受信波形を増幅する。波形再生は、歪んだ受信波形を整形する。タイミング再生は、増幅・整形された受信波形を正しい時間間隔で送出するために受信信号光からクロック信号を再生する。

#### 【0004】

図17に、光3R器の一般的な構成を示す(特許文献1および非特許文献1、2参照)。この光3R器は、光分岐器101、クロック抽出器102および光ゲート103からなる。光分岐器101は、劣化した波長 $\lambda_1$ の光通信信号パルスをもつに分岐する。この光分岐器101にて分岐された光通信信号パルスの一方は制御光として光ゲート103に供給され、もう一方はクロック抽出器102に供給されている。クロック抽出器102は、分岐器101から供給された光通信信号パルスのクロックを抽出し、その抽出したクロックに同期して波長 $\lambda_2$ のクロック光パルスを生成する。このクロック抽出器102で生成されたクロック光パルスは光ゲート103に供給されている。

#### 【0005】

上記の光3R器では、劣化した光通信信号パルス(制御光)で光ゲート103のゲートの開閉を制御しながら、クロック抽出器102からのクロック光パルスを光ゲート103に通すことにより、通信データをクロック光パルスに転写する。こうして、劣化データの識別再生が行われる。

#### 【0006】

ところで、最近では、インターネットの急速な発展に伴って光通信の大容量化への要望が高まり、伝送速度(ビットレート)が40Gb/s以上の高速光ゲートが要求されている。そのような高速光ゲートとして使用可能なものに、光の干渉を利用したプッシュ／プル型光ゲートがある。以下に、その代表的なものの構成を挙げ、その動作原理を説明する。

**【0007】**

図18に、プッシュ／プル型光ゲートの一例として、対称マッハツェンダ（SMZ）型光ゲートを示す（非特許文献3参照）。このSMZ型光ゲートでは、制御光パルス（ $\lambda 1$ ）は光分岐器201aで第1、第2の制御光パルスに分けられ、被制御光パルス（ $\lambda 2$ ）は光分岐器201bで第1、第2の被制御光パルスに分けられる。

**【0008】**

第1の制御光パルスはそのまま光結合器204aに到達し、そこで第1の被制御光パルスと結合される。この結合では、第1の制御光パルスは、第1の被制御光パルスに対して時間的に前の位置に挿入される。一方、第2の制御光パルスは、光遅延回路210にて遅延時間 $\Delta t$ 分だけ遅延を受けた後、光結合器204bに到達し、そこで第2の被制御光パルスと結合される。この結合では、第2の制御光パルスは、第2の被制御光パルスに対して時間的に後ろの位置に挿入される。

**【0009】**

非線形光位相シフタ211aには、第1の制御光パルス、第1の被制御光パルスの順で到達し、非線形光位相シフタ211bには、第2の被制御光パルス、第2の制御光パルスの順に到達する。第1および第2の被制御光パルスの非線形光位相シフタへの到達タイミングは同じである。第1の制御光パルスの非線形光位相シフタへの到達タイミングは、それら被制御光パルスの到達タイミングよりも早く、第2の制御光パルスの非線形光位相シフタへの到達タイミングはそれら被制御光パルスの到達タイミングよりも遅い。よって、この状態では、丁度、第1および第2の制御光パルスで第1および第2の被制御光パルスを挟むような状態になる。このときの第1および第2の制御光パルスの時間間隔は $\Delta t$ であり、これがSMZ型光ゲートのゲート幅となる。

**【0010】**

非線形光位相シフタ211a、211bでは、制御光パルスが入射すると、それ以降に到達する被制御光パルスに非線形位相シフトが生じる。このため、非線形光位相シフタ211aにおいては、第1の制御光パルスにより第1の被制御光

パルスに非線形位相シフトが生じる。他方、非線形光位相シフタ 211b においては、第2の被制御光パルスは第2の制御光パルスより前に到達するので、非線形位相シフトは生じない。

#### 【0011】

非線形光位相シフタ 211a、211b を通過した第1および第2の被制御光パルスは光結合器 204c に到達する。光結合器 204c では、干渉により、入力された被制御光パルスの間に位相差を生じている場合にのみ光パルスが出力される。位相差が生じていない場合は、被制御光パルスは互いに打ち消し合うことになるため、光パルスは出力されない。第1および第2の被制御光パルスの間には位相差が生じているため、それら被制御光パルスが合波された光パルス ( $\lambda 2$ ) が光結合器 204c から出力される。この光結合器 204c からの光パルスは、波長バンドパスフィルタ (BPF) 212 を通過してゲート通過光として SMZ 型光ゲート外へ出力される。

#### 【0012】

通常、光 3R 器では、クロック抽出器から一定の間隔で被制御光パルスが出力される。このため、上述した SMZ 型光ゲートにおいては、図 21 に示すように、一定の間隔で連続して入射する被制御光パルスのうち、第1の制御光パルス (スイッチ・オン) と第2の制御光パルス (スイッチ・オフ) の間に挟まれた被制御光パルスが取り出される。

#### 【0013】

上記の他、図 19 に示すような偏波識別型 SMZ 光ゲート (PD-SMZ または UNI (Ultrafast Nonlinear Interferometer)) もある (非特許文献 4 参照)。偏波識別型 SMZ 光ゲートでは、被制御光パルス ( $\lambda 2$ ) が光偏波分離器 213a で第1、第2の偏波成分 (TE モード、TM モード) の被制御光パルスに分離される。被制御光パルス (TE) は、そのまま光偏波結合器 214a に到達し、そこで、光遅延回路 210a で遅延時間  $\Delta t$  分だけ遅延を受けた被制御光パルス (TM) と結合される。こうして結合された被制御光パルス (TE/TM) の間隔は  $\Delta t$  であり、これが偏波識別型 SMZ 光ゲートのゲート幅となる。

#### 【0014】

光偏波結合器 214a で結合された被制御光パルス (TE/TM) は光結合器 214b に到達し、そこで制御光パルス ( $\lambda 1$ ) と結合される。こうして結合された制御光パルス ( $\lambda 1$ ) および被制御光パルス (TE/TM) は非線形位相シフタ 211 に到達する。この非線形位相シフタ 211 には、被制御光パルス (TE)、制御光パルス、被制御光パルス (TM) の順に到達する。よって、この非線形位相シフタ 211 では、制御光パルスより後に到達した被制御光パルス (TM) にのみ非線形位相シフトが生じる。

#### 【0015】

非線形位相シフタ 211 を通過した被制御光パルス (TE/TM) は、光偏波分離器 213b にて再び分離される。被制御光パルス (TM) は、そのまま光偏波結合器 214c に到達し、そこで、光遅延回路 210b で遅延時間  $\Delta t$  分だけ遅延を受けた被制御光パルス (TE) と結合される。こうして結合された被制御光パルス (TE/TM) は干渉・合波し、その後、偏光子 215 にて任意の直線偏波成分が選択される。選択された直線偏波成分のパルスは、波長バンドパスフィルタ (BPF) 212 を通過してゲート通過光として偏波識別型 SMZ 光ゲート外へ出力される。

#### 【0016】

なお、上記の偏波識別型 SMZ 光ゲートにおいて、波長バンドパスフィルタ 212 の位置は、非線形位相シフタ 211 もしくは光結合器 214c の直後であってもよい。また、上記説明において、TE モードと TM モードを入れ替えても問題はない。

#### 【0017】

プッシュ／プル型光ゲートとして、図 20 に示すような非線形光ループミラー (NOLM、SLALOM (Semiconductor Laser Amplifier in a Loop Mirror) もしくは TOAD (Terahertz Optical Asymmetric Demultiplexer) ) もある (非特許文献 5 参照)。この非線形光ループミラーは、ループ構造のものであって、ファイバループの一部に非線形光位相シフタ 211 を備える。被制御光パルス ( $\lambda 2$ ) は、ファイバループ上の非線形光位相シフタ 211 と対向する位置に設けられた光カプラ 216 からファイバループ内に導入される。このとき、被制

御光パルスは、ファイバループを時計回り方向に伝搬する第1の被制御光パルスと反時計回り方向に伝搬する第2の被制御光パルスに分けられる。

#### 【0018】

第1の被制御光パルスは、そのまま非線形光位相シフタ211に到達する。一方、第2の被制御光パルスは、光遅延回路210で遅延時間 $\Delta t$ 分だけ遅延を受けた後、非線形光位相シフタ211に到達する。よって、これら第1および第2の被制御光パルスの非線形光位相シフタ211の到達タイミングには時間 $\Delta t$ 分の差があり、この差がゲート幅となる。

#### 【0019】

光カプラ216と非線形光位相シフタ211を結ぶ一方の伝送路上には光結合器214が設けられており、この光結合器214から制御光パルス( $\lambda 1$ )がループ内に導入される。制御光パルスは、第1の被制御光パルスに対して時間的に後の位置に挿入されるようになっており、非線形光位相シフタ211には、第1の被制御光パルス、制御光パルス、第2の被制御光パルスの順に到達する。よって、この非線形位相シフタ211では、制御光パルスより後に到達した第2の被制御光パルスにのみ非線形位相シフトが生じる。

#### 【0020】

非線形位相シフタ211を通過した第2の被制御光パルスは、そのまま光カプラ216に到達する。一方、非線形位相シフタ211を通過した第1の被制御光パルスは、光遅延回路210で遅延時間 $\Delta t$ 分だけ遅延を受けた後、光カプラ216に到達する。よって、第1および第2の被制御光パルスは光カプラ216に同じタイミングで到達し、そこで第1および第2の被制御光パルスが干渉する。このとき、第1および第2の被制御光パルスの間に位相差を生じているため、それら被制御光パルスが合波された光パルス( $\lambda 2$ )が光カプラ216からループ外へ取り出される。こうして取り出された光パルスは、波長バンドパスフィルタ(BPF)212を通過してゲート通過光として非線形光ループミラー外へ出力される。

#### 【0021】

以上説明した高速光ゲートはいずれも、制御光パルスによって、後続の被制御

光パルスに非線形位相シフトを発生させ、出力ポートにおける干渉状態の変化を利用して高速にゲートの開閉を行うタイプのものである。

【 0 0 2 2 】

光信号再生中継器には、上述した光 3 R 器の他に、上野らによって提案された D I S C (Delayed-Interference Signal-wavelength Converter) 型波長変換器もある(非特許文献 6 参照)。この D I S C 型波長変換器は、入力信号光と波長の異なる連続光に対して、入力信号光により時間軸上で断片的に位相シフトを生じさせた後、その連続光自身のレプリカと時間をずらして干渉させることにより波長の変換された信号光を得るものである。これは、Retiming 機能を除いた光 2 R 器として機能するものである。

【 0 0 2 3 】

さらに、非特許文献 7 には、D I S C 型波長変換器において、連続光の代わりにクロック光を用い、かつ、干渉の際にずらす時間量をビットピリオドと同じとすることにより光 3 R 器としても機能することが、ロイトルドらによって開示されている。

【 0 0 2 4 】

また、特許文献 2 には、非線形位相シフタにおける位相シフト量が  $\pi$  に到達していなくても、光信号に対して所望の強度雑音抑制作用を発揮させるために、光ゲートを 2 段構成にしたものが開示されている。

【 0 0 2 5 】

さらに、特許文献 3 には、光ゲートの 2 段構成化により波長変換の自由度およびクロック再生の忠実度を向上させたものが開示されている。

【 0 0 2 6 】

【特許文献 1】

特開平 8 - 1 6 3 0 4 7 号公報

【特許文献 2】

特開 2 0 0 2 - 2 2 9 0 8 1 号公報

【特許文献 3】

特開 2 0 0 1 - 2 4 9 3 7 1 号公報

**【非特許文献 1】**

H. J. Thiele et al., Electron. Lett. 35, 230 (1999)

**【非特許文献 2】**

H. Kurita et al., Proc. of ECOC '99, PD3-6 (1999)

**【非特許文献 3】**

K. Tajima, Japan J. Appl. Phys. 32, L1746 (1993)

**【非特許文献 4】**

K. Tajima et al., Appl. Phys. Lett. 67, 3709 (1995)

**【非特許文献 5】**

M.C. Farries et al., Appl. Phys. Lett. 55, 25 (1995)

**【非特許文献 6】**

「IEEE フォトニクス・テクノロジー・レターズ」、第 10 号、第 346 頁～第 348 頁、1998 年

**【非特許文献 7】**

「IEEE フォトニクス・テクノロジー・レターズ」、第 13 号、第 860 頁～第 862 頁、2001 年

**【0027】****【発明が解決しようとする課題】**

今後、通信トラヒックは益々増加することが予想される。このような事情から、伝送方式も WDM (Wavelength Division Multiplexing: 波長分割多重) 方式から波長帯域をより多くのチャンネルに分割する DWDM (Dense WDM: 高密度波長分割多重) 方式へと移行しつつある。

**【0028】**

DWDM方式において、周波数利用効率を最大限に高めるためには、光通信信号パルスのパルス時間幅をフーリエ変換限界で、かつ、ビットピリオドの半分程度の時間幅に設定する必要がある。これを具体的に説明すると、以下のようなこととなる。

**【0029】**

図 22 (a) に、分割した光スペクトル (帯域) を示し、図 22 (b) に光通

信信号パルスを示す。一般に、光通信信号パルスのパルス時間幅 $\Delta t$ と光スペクトル（帯域）幅 $\Delta \nu$ の積は、原理的に一定値以上になることから、以下の式が成り立つ。

【0030】

$$\Delta t \Delta \nu \geq \alpha$$

ここで、 $\alpha$ はパルス時間形状に依存する。この時間・帯域幅積 $\Delta t \Delta \nu$ が最小値 $\alpha$ をとるとき、光通信信号パルスはフーリエトランスフォーム限界（Fourier transform limit）にあるという。限られた波長帯域内に可能な限り多くのチャネル（波長）を詰め込んで大容量伝送を行うDWDM方式においては、パルス時間幅 $\Delta t$ は、同一チャネル（波長）の隣り合うビット間のクロストークが発生しないビットピリオドの半分程度まで広げ、かつ、光スペクトル（帯域）幅 $\Delta \nu$ が最小になるトランスフォーム限界パルスとすることが、最も大容量化に有利となる。例えば、ビットレートが40Gb/sの場合は、ビットピリオドは25psであるので、パルス時間幅 $\Delta t$ は12.5ps程度にすることが望ましい。

【0031】

以上の説明から分かるように、DWDM方式において、より大容量の伝送を実現するためには、光通信信号パルスのパルス時間幅を、トランスフォーム限界のまま、ビットピリオドの半分程度まで広げる必要がある。しかし、光通信信号パルスのパルス時間幅を広げると、光信号再生中継器として図17に示したような光3R器を用いた場合に、今まで知られていなかった以下のような新たな問題が生じる。

【0032】

光信号再生中継器では、受信した光通信信号パルスが制御光としてそのまま光ゲートに供給されるとともに、その光通信信号パルスから抽出したクロックに同期した被制御光が生成されて光ゲートに供給される。光ゲートでは、制御光によってゲートの開閉が行われて被制御光から必要なパルスが取り出されることで光通信信号パルスが再生される。上述したように光通信信号パルスのパルス時間幅を広げて大容量伝送を行う場合は、光ゲートに供給される制御光および被制御光のパルス時間幅は共に、ビットピリオドの半分程度まで広がっていることになる

。制御光と被制御光が共にそのような太いパルスの場合には、制御光と被制御光のタイミングに関するトレランス（タイミングジッタトレランス）が十分に取れなくなってしまい、出力波形の歪みや強度ゆらぎも発生してしまう。

#### 【0033】

タイミングジッタトレランスは、ゲート時間窓形状と被制御光のパルス形状との関係で決まる。ゲート時間窓形状は、制御光によってゲートを開閉した際の、ゲートの透過率変化で表されるゲート窓の形状であって、その形状は制御光のパルス形状で決まる。図23の（a）、（b）に、ゲート幅 $\Delta T$ で、制御光のパルス時間幅が $W_1$ 、 $W_2$ （ $W_1 < W_2$ ）の場合のゲート時間窓形状をそれぞれ示す。制御光のパルス時間幅が狭い場合は、図23（a）に示すように、位相シフト量の変化が急激な立ち上がりとなるため、ゲート時間窓形状は、頂上の平坦部がある程度大きな矩形に近い形状となる。反対に、図23（b）に示すように、制御光のパルス時間幅 $W$ が広い場合は、位相シフト量の変化が緩やかな立ち上がりとなるため、ゲート時間窓形状は、頂上の平坦部の少ない、波状に近い形状となる。

#### 【0034】

制御光および被制御光のパルス時間幅が共に狭い場合は、ゲート時間窓形状は、図23（a）に示したような頂上の平坦部の幅が十分に広い矩形形状のものとなり、被制御光のパルスの尖頭部も十分に狭いので、タイミングジッタトレランスは、図24（a）に示すようにゲート幅 $\Delta T$ の幅分だけとれることになる。よって、この場合は、光ゲートの出力光に波形の歪や強度のゆらぎを生じることはほとんどない。一方、制御光および被制御光のパルス時間幅が共に広い場合は、ゲート時間窓形状は、図23（b）に示したような頂上の平坦部の狭い波形形状となり、しかも、被制御光の尖頭部も広いために、タイミングジッタトレランスは、図24（b）に示すようにゲート幅 $\Delta T$ よりかなり狭い幅（ゲート時間窓の頂上の平坦部の大きさに近い幅）となる。よって、この場合は、光ゲートの出力光に波形の歪みや強度のゆらぎを生じてしまう。

#### 【0035】

これまでの干渉型光ゲートを用いた光3Rにおいては、DWDM方式に対応し

たビットピリオドの半分程度に時間幅の広いパルスは使用していなかったため、上述したタイミングジッタトレランスおよび波形の歪みや強度のゆらぎに関する問題は生じていなかったが、今後のDWDM大容量伝送化を行うためには、これらの問題を解決する必要があった。

#### 【0036】

上記の問題に加えて、光3R器においては、ゲート動作後における制御光と被制御光の分離を高消光比で行うため、一般には、制御光と被制御光の波長は互いに異なるように設定される。クロック抽出部と光ゲート部を一つずつ組み合わせた従来の構成において、そのような設定を適用した場合、光3R器の入出力で波長が異なることになる。光3R器の入出力の波長を同一化する構成は、これまで提案されていなかった。

#### 【0037】

本発明の目的は、パルス時間幅の広い光通信信号パルスに対しても十分対応しうる、光信号再生中継器、光ゲートの制御方法および光信号再生方法を提供することにある。

#### 【0038】

本発明の他の目的は、入出力同一波長化を含む任意の波長出力が可能な、光信号再生中継器および光信号再生方法を提供することにある。

#### 【0039】

##### 【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、本発明の光信号再生中継器は、外部より受信した光通信信号パルスから元の光通信信号パルスを再生する第1の光3R器を少なくとも1つ有し、前記第1の光3R器は、前記光通信信号パルスからクロックを抽出し、該抽出したクロックに同期した第1のクロック光パルスを生成する第1のクロック抽出部と、前記光通信信号パルスに対応する制御光によりゲートの開閉が行なわれるとともに、前記クロック抽出部で生成された第1のクロック光パルスが被制御光として供給され、前記ゲートの開閉に応じて該被制御光から前記元の光通信信号パルスに対応する第1の再生信号パルスを得る第1の光ゲートとを有し、前記制御光および被制御光の一方のパルス時間幅が他方のパルス時間幅より

狭いことを特徴とする。

#### 【0040】

本発明の光ゲート制御方法は、第1のパルス時間幅を有する被制御光を非線形光位相シフタに供給するステップと、第2のパルス時間幅を有する制御光を前記非線形光位相シフタに供給して前記被制御光の所定のパルスに非線形光位相シフトを生じさせるステップとを含み、前記第1および第2のパルス時間幅の一方が他方より狭くなるようにしたことを特徴とする。

#### 【0041】

本発明の光信号再生方法は、外部より受信した光通信信号パルスから元の光通信信号パルスを再生する光信号再生方法であって、前記光通信信号パルスからクロックを抽出し、該抽出したクロックに同期した第1のクロック光パルスを生成する第1のステップと、前記光通信信号パルスを制御光として第1の光ゲートに供給してゲートの開閉を行わせる第2のステップと、前記第1のステップで生成した第1のクロック光パルスを被制御光として前記第1の光ゲートに供給し、前記ゲートの開閉に応じて該被制御光から前記元の光通信信号パルスに対応する第1の再生信号パルスを得る第3のステップとを含み、前記制御光および被制御光の一方のパルス時間幅が他方のパルス時間幅より狭くなるようにしたことを特徴とする。

#### 【0042】

上記の本発明の光信号再生中継器、光ゲート制御方法および光信号再生方法においては、制御光および被制御光の一方のパルス時間幅が他方のパルス時間幅より狭くなっているため、その分だけ、図24に示したタイミングジッタトレランスの幅を広くとることが可能である。例えば、制御光のパルス時間幅を狭くした場合は、ゲート時間窓形状は図23(a)に示したような頂上の平坦部がある程度大きな矩形に近い形状となり、被制御光のパルス時間幅が多少大きくてもタイミングジッタトレランスの幅を広く確保することが可能となる。反対に、被制御光のパルス時間幅を狭くした場合は、制御光のパルス時間幅が広いために、ゲート時間窓形状は図23(b)に示したような頂上の平坦部が少ない波状に近い形状となるが、被制御光の尖頭部幅が十分に小さくなっているため、タイミングジ

ジッタトレランスの幅を広く確保することが可能となる。

#### 【0043】

上記の本発明の光信号再生中継器および光信号再生方法において、前記第1の再生信号パルスからクロックを抽出して、該抽出したクロックに同期した所定のパルス時間幅を有する第2のクロック光パルスを生成し、前記第1の再生信号パルスを制御光として第2の光ゲートに供給してゲートの開閉を行わせるとともに、前記第2のクロック光パルスを被制御光として前記第2の光ゲートに供給し、前記第1の再生信号パルスによるゲートの開閉に応じて該被制御光から前記元の光通信信号パルスに対応する第2の再生信号パルスを得るように構成してもよい。

#### 【0044】

上記の構成によれば、第2のクロック光パルスの波長を光通信信号パルスの波長と一致させることで、光通信信号パルスの波長と同じ波長の第2の再生信号パルスを得られる。

#### 【0045】

また、第1のクロック光パルスのパルス時間幅を狭くすることで、第1の光ゲートにおけるタイミングジッタトレランスの幅を広く確保するとともに、パルス時間幅の狭い第1の再生信号パルスを制御光として第2の光ゲートに供給することが可能となる。第2の光ゲートにおいては、パルス時間幅の狭い制御光が供給されるので、そのゲート窓時間形状はほぼ矩形となる。これにより、タイミングジッタトレランスが広がり、かつ、ゲート出力の波形歪および強度ゆらぎが抑制される。

#### 【0046】

以上の本発明の光信号再生中継器および光信号再生方法において、光通信信号パルス、第1のクロック光パルス、第1および第2の再生信号パルスなど光パルスに対して波長の変換およびパルス時間幅の変換を適宜行うことが可能である。

#### 【0047】

なお、上述した特許文献2、3には光ゲートを2段構成にすることが開示されているが、制御光および被制御光にパルス時間幅が広いものを使用した場合に生

じる、ゲート窓の時間形状、タイミングジッタトレランス、再生出力波形の歪みなどの問題については何ら記載されていない。

#### 【0048】

##### 【発明の実施の形態】

次に、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。

#### 【0049】

##### （実施形態1）

図1に、本発明の第1の実施形態である光信号再生中継器の概略構成を示す。この光信号再生中継器は、光分岐器1a、クロック抽出部2aおよび光ゲート3aからなる第1の光3R器と、光分岐器1b、クロック抽出部2bおよび光ゲート3bからなる第2の光3R器とを直列に接続したものであって、劣化したパルス時間幅の広い光通信信号パルス（波長 $\lambda_1$ ）に対して前述した3R機能による処理が2回連続して行われるようになっている。光ゲート3a、3bは、高速光ゲートであって、例えば前述のプッシュ／プル型光ゲート（SMZ型光ゲート、偏波識別型SMZ光ゲートや非線形光ループミラーなど）である。

#### 【0050】

第1の光3R器では、入力された光通信信号パルスが光分岐器1aにて2つ分岐され、分岐した一方の光通信信号パルスがゲートの開閉を行う制御光として光ゲート3aに供給され、分岐したもう一方の光通信信号パルスはクロック抽出部2aに供給される。クロック抽出器2aは、分岐器1aから供給された光通信信号パルスのクロックを抽出し、その抽出したクロックに同期したパルス時間幅の十分に狭いクロック光パルス（波長 $\lambda_2$ ）を生成する。このクロック抽出器2aで生成されたクロック光パルスは、被制御光として光ゲート3aに供給される。

#### 【0051】

光ゲート3aは、光分岐器1aを介して供給された光通信信号パルスによってゲートの開閉が制御されることで、クロック抽出器2aから供給されたクロック光パルスに通信データを転写する。こうして通信データが転写された、パルス時間幅の十分に狭いクロック光パルスは、中間信号光として第2の光3R器に供給される。

**【0052】**

第2の光3R器では、光ゲート3aから供給された中間信号光（波長 $\lambda_2$ ）が光分岐器1bにて2つ分岐され、分岐した一方の中間信号光はゲートの開閉を行う制御光として光ゲート3bに供給され、分岐したもう一方の中間信号光はクロック抽出部2bに供給される。クロック抽出器2bは、分岐器1bから供給された中間信号光のクロックを抽出し、その抽出したクロックに同期したパルス時間幅の十分に広いクロック光パルス（波長 $\lambda_3$ ）を生成する。このクロック抽出器2bで生成されたクロック光パルスは、被制御光として光ゲート3bに供給される。

**【0053】**

光ゲート3bは、光分岐器1bから供給された中間信号光によってゲートの開閉が制御されることで、クロック抽出器2bから供給されたクロック光パルスに通信データを転写する。こうして通信データが転写されたパルス時間幅の十分に広いクロック光パルスは、再生光通信信号パルスとして本光信号再生中継器から出力される。

**【0054】**

上述した本実施形態の光信号再生中継器では、第1の光3R器において、制御光としてパルス時間幅の広い光通信信号パルスが光ゲート3aに供給され、被制御光としてパルス時間幅の狭いクロック光パルスが光ゲート3aに供給される。この場合、光ゲート3aは、パルス時間幅の狭い被制御光をパルス時間幅の広い制御光で挟み込むような状態で動作することとなり、タイミングジッタトレランスは十分に大きなものとなる。

**【0055】**

図2（a）に、第1の光3R器におけるタイミングジッタトレランスを示し、図2（b）に、比較例として、制御光および被制御光のパルス時間幅がともに広い場合のタイミングジッタトレランスを示す。第1の光3R器および比較例におけるゲート窓時間形状は、ともに頂上の平坦部の狭い波状になっている。

**【0056】**

比較例の場合は、ゲート窓時間形状の頂上の平坦部が狭く、また、被制御光の

パルスの尖頭部は広いので、タイミングジッタトレランスはゲート幅 $\Delta T$ に比べて非常に小さい。この場合は、光ゲートの出力光に波形歪および強度ゆらぎを生じ易い。これに対して、第1の光3R器では、ゲート窓時間形状の頂上の平坦部は狭いものの、被制御光のパルスの尖頭部は比較例に比べて十分に狭いので、その分、タイミングジッタトレランスは比較例より大きくなる。この場合は、光ゲート3aの出力光に波形歪はほとんど生じず、多少の強度ゆらぎのみを生じる。

#### 【0057】

第2の光3R器においては、光ゲート3aから出力されたパルス時間幅の十分に狭い光パルス（中間信号光）が光ゲート3bに供給され、パルス時間幅の広いクロック光パルスが被制御光として光ゲート3bに供給される。この場合、光ゲート3bは、パルス時間幅の広い被制御光をパルス時間幅の狭い制御光で挟み込むような状態で動作することとなり、タイミングジッタトレランスは十分に大きなものとなる。

#### 【0058】

図3（a）に、第2の光3R器におけるタイミングジッタトレランスを示し、図3（b）に、比較例として、制御光および被制御光のパルス時間幅がともに広い場合のタイミングジッタトレランスを示す。図3（b）に示した比較例は、図2（b）に示したものと同一である。

#### 【0059】

比較例の場合は、タイミングジッタトレランスが小さいために、光ゲートの出力光に波形歪および強度ゆらぎを生じ易い。これに対して、第2の光3R器におけるゲート窓時間形状は、制御光のパルス時間幅が十分に狭いので、頂上の平坦部の広い矩形形状になっており、その分、タイミングジッタトレランスは比較例より大きくなる。基本的には、ゲート幅 $\Delta T$ に近い大きさのタイミングジッタトレランスを得られる。この場合は、被制御光のパルス時間幅が広くても、光ゲート3bの出力光に波形歪および強度ゆらぎはほとんど生じない。

#### 【0060】

以上のように、本実施形態の光信号再生中継器によれば、第1および第2の光3R器はともに十分なタイミングジッタトレランスを有しているので、光通信信

号パルスのパルス時間幅を広くしても出力光に波形歪および強度ゆらぎは発生しにくい。よって、光通信信号パルスのパルス時間幅を、フーリエ変換限界で、かつ、ビットピリオドの半分程度の時間幅にしてDWDM大容量伝送を行う場合でも、出力光に従来問題となっていたような波形歪および強度ゆらぎが生じることはない。

#### 【0061】

なお、図2(a)に示したように、第1の光3R器におけるゲート時間窓形状は波状であるため、ゲート時間窓の中央に位置する被制御光パルスとその両側に位置する被制御光における光ゲート3aの出力光強度が異なる。このため、光ゲート3aの出力光に強度ゆらぎを生じるが、この強度ゆらぎは、第2の光3R器において抑制される。すなわち、第2の光3R器では、図3(a)に示したように、ゲート時間窓形状は矩形形状になっているので、多少の強度ゆらぎを有する中間信号光が制御光として光ゲート3bに供給されても、ゲート時間窓の範囲内の被制御光パルスにおける光ゲート3bの出力光強度は全て同じなる。

#### 【0062】

本実施形態の光信号再生中継器において、光通信信号パルスの波長 $\lambda_1$ 、クロック抽出部2aで生成されるクロック光パルスの波長 $\lambda_2$ （光ゲート3aの出力光パルスの波長に同じ）およびクロック抽出部2bで生成されるクロック光パルスの波長 $\lambda_3$ （光ゲート3bの出力光パルスの波長に同じ）は設計に応じて任意に設定することができる。光信号再生中継器の入出力波長を同一にする場合は、光通信信号パルスの波長 $\lambda_1$ とクロック抽出部2bで生成されるクロック光パルスの波長 $\lambda_3$ が同じなるようにすればよい。

#### 【0063】

また、光通信信号パルスのパルス時間幅、クロック抽出部2aで生成されるクロック光パルスのパルス時間幅（光ゲート3aの出力光パルスのパルス時間幅に同じ）およびクロック抽出部2bで生成されるクロック光パルスのパルス時間幅（光ゲート3bの出力光パルスのパルス時間幅に同じ）は、通信に適した値に設定することができる。本実施形態の光信号再生中継器をDWDM方式の大容量伝送へ適用する場合は、周波数利用効率を最大限に高めるために、光通信信号パル

スおよびクロック抽出部 2 b にて生成されるクロック光パルスはいずれも、フーリエトランスフォーム限界で、かつ、ビットピリオドの半分程度の時間幅とする。

#### 【0064】

本実施形態の光信号再生中継器に適用可能なクロック抽出部としては、以下のようなものがある。

#### 【0065】

(1) 光電変換器およびモード同期レーザ：

光通信信号パルスを光電変換した電気信号から「High-Qフィルタ」等を用いてクロックを抽出し、その抽出した電気クロックをモード同期レーザへ印加して同期パルス発振を行わせる。このときの出力パルス時間幅は、そのレーザ固有のものとなる。モード同期レーザにパルス幅可変のレーザを用いることで、任意の時間幅のクロック光を出力することが可能となる。

#### 【0066】

(2) モード同期レーザのみ（例えば、文献（H. Kurita et al., IEICE Trans. Electron., E81-C, 129 (1998)）を参照）：

この場合は、光通信信号パルスをモード同期レーザへ直接注入して同期パルス発振をさせる。このときも、出力パルス時間幅は、そのレーザ固有のものとなる。モード同期レーザにパルス幅可変のレーザを用いることで、任意の時間幅のクロック光を出力することが可能となる。

#### 【0067】

(3) 光電変換器および光強度変調器を備えたCWレーザ（例えば、文献（B. Lavigne et al., Proc. of ECOC 2001, We.F.2.6, (2002)）参照）：

光通信信号パルスを光電変換した電気信号からクロックを抽出し、その抽出した電気クロックにより光強度変調器を駆動してCW光からクロックパルスを生成する。このときの出力パルス時間幅は、変調の時間形状に依存する。「High-Qフィルタ」を用いて抽出した電気クロックの時間形状はほぼ正弦波となっているため、短パルスの生成は困難だが、ビットピリオドの半分程度の時間幅を持つパルスを生成することは可能である。

**【0068】**

短パルスクロック光の出力が必要なクロック抽出部 2 a には、上記の (1) および (2) の構成が適しており、時間幅の広いクロック光の出力が必要なクロック抽出部 2 b には、上記の (1) ~ (3) の構成が適している。

**【0069】****(実施形態 2)**

上記の第 1 の実施形態において、第 2 の光 3 R 器のクロック抽出部 2 b は、第 1 の光 3 R 器の光ゲート 3 a から出力された中間信号光からクロックを抽出しているが、クロック抽出部 2 a で生成されたクロック光パルスからクロックを抽出するようにしてもよい (クロックの転用)。ここでは、そのようなクロックの転用を採用した実施形態について説明する。

**【0070】**

図 4 は、本発明の第 2 の実施形態である光信号再生中継器の概略構成を示すブロック図である。この光信号再生中継器は、図 1 に示した構成において、クロック抽出部 2 a から出力されたクロック光パルスを光分岐器 1 c で 2 つに分岐し、分岐したクロック光パルスの一方を被制御光として光ゲート 3 a に供給し、他方をクロック抽出部 2 b に供給するようにした以外は、上述した第 1 の実施形態のものと同一構成になっている。図 4 中、同じ部分には同じ符号を付している。

**【0071】**

本実施形態の光信号再生中継器においても、上述した第 1 の実施形態の場合と同様、第 1 の光 3 R 器においては、光ゲート 3 a は、パルス時間幅の狭いクロック光パルス (被制御光) をパルス時間幅の広い光通信信号パルス (制御光) で挟み込むような状態で動作し、第 2 の光 3 R 器においては、光ゲート 3 b は、パルス時間幅の広いクロック光パルス (被制御光) をパルス時間幅の狭い中間信号光 (制御光) で挟み込むような状態で動作する。よって、第 1 および第 2 の光 3 R 器のいずれにおいても、ゲートタイミングに関するトレランス (タイミングジッタトレランス) を広く確保することができる。また、ゲート出力光の波形歪みおよび強度ゆらぎを抑制することもできる。

**【0072】**

**(実施形態3)**

上記の第2の実施形態において、第2の光3R器のクロック抽出部2bに代えて、波長変換器およびパルス幅変換器を用いることができる。ここでは、そのような構成を採用した光信号再生中継器について説明する。

**【0073】**

図5は、本発明の第3の実施形態である光信号再生中継器の概略構成を示すブロック図である。この光信号再生中継器は、図1に示した構成において、クロック抽出部2bを波長変換器20およびパルス幅変換器21と置き換えた構成になっている。図5中、同じ部分には同じ符号を付している。

**【0074】**

クロック抽出部2aから出力されたクロック光パルス（波長 $\lambda_2$ ）は光分岐器1cで2つに分岐され、分岐したクロック光パルスの一方は被制御光として光ゲート3aに供給され、他方は波長変換器20に供給される。波長変換器20は、供給されたクロック光パルス（波長 $\lambda_2$ ）の波長を波長 $\lambda_3$ （ $\neq \lambda_2$ ）に変換する。この波長変換器20で波長変換が施されたクロック光パルス（波長 $\lambda_3$ ）はパルス幅変換器21に供給される。

**【0075】**

パルス幅変換器21は、波長変換器20から供給されたクロック光パルス（波長 $\lambda_3$ ）のパルス時間幅を所定のパルス時間幅に変換する。ここで、所定のパルス時間幅とは、光通信システムに適した時間幅であり、適宜設定可能である。このようなパルス幅変換器21としては、狭帯域の波長バンドパスフィルタなどが考えられる。パルス幅変換器21でパルス時間幅が変換されたクロック光パルス（波長 $\lambda_3$ ）は、被制御光として光ゲート3bに供給される。

**【0076】**

本実施形態の光信号再生中継器においても、上述した第1の実施形態の場合と同様、第1の光3R器においては、光ゲート3aは、パルス時間幅の狭いクロック光パルス（被制御光）をパルス時間幅の広い光通信信号パルス（制御光）で挟み込むような状態で動作することとなり、第2の光3R器においては、光ゲート3bは、パルス時間幅の広いクロック光パルス（被制御光）をパルス時間幅の狭

い中間信号光（制御光）で挟み込むような状態で動作することとなる。よって、第1および第2の光3R器のいずれにおいても、ゲートタイミングに関するトレランス（タイミングジッタトレランス）を広く確保することができる。また、ゲート出力光の波形歪みおよび強度ゆらぎを抑制することもできる。

#### 【0077】

##### （実施形態4）

図6は、本発明の第4の実施形態である光信号再生中継器の概略構成を示すブロック図である。この光信号再生中継器は、図1に示した構成において、クロック抽出部2bが、パルス時間幅の十分に狭いクロック光パルスを生成し、光ゲート3bから出力される信号光のパルス時間幅を、狭帯域の波長バンドパスフィルタなどよりなるパルス幅変換器21で所定のパルス時間幅に変換するように構成した以外は、第1の実施形態のものと同一である。ここで、所定のパルス時間幅とは、光通信に適した時間幅であり、適宜設定することができる。大容量伝送を行う場合は、所定のパルス時間幅は、第1の3R部にて受信される光通信信号パルスのパルス時間幅と同じにする。図6中、同じ構成には、同じ符号を付している。

#### 【0078】

本実施形態の光信号再生中継器においても、上述した第1の実施形態の場合と同様、第1の光3R器においては、光ゲート3aは、パルス時間幅の狭いクロック光パルス（被制御光）をパルス時間幅の広い光通信信号パルス（制御光）で挟み込むような状態で動作することとなる。また、第2の光3R器においては、光ゲート3bは、パルス時間幅の狭いクロック光パルス（被制御光）をパルス時間幅の狭い中間信号光（制御光）で挟み込むような状態（図24（a）参照）で動作することとなる。この場合は、被制御光もパルス時間幅が狭いため、光ゲート3bにおいて、ほぼ矩形のゲート窓形状が得られるだけでなく、被制御光パルスの尖頭部幅が縮小するため、第1の実施形態の場合に比べてゲートタイミングに関するトレランス（タイミングジッタトレランス）をより広く確保することが可能となる。また、ゲート出力光の波形歪みおよび強度ゆらぎを抑制することもできる。

## 【0079】

## (実施形態5)

図7は、本発明の第5の実施形態である光信号再生中継器の概略構成を示すブロック図である。この光信号再生中継器は、図5に示した構成において、パルス幅変換器21を光ゲート3bの出力段に配置した以外は、上述した第3の実施形態のものと同一構成になっている。図7中、同じ部分には同じ符号を付している。

## 【0080】

クロック抽出部2aから出力されたクロック光パルス（波長 $\lambda_2$ ）は光分岐器1cで2つに分岐され、分岐したクロック光パルスの一方は被制御光として光ゲート3aに供給され、他方は波長変換器20に供給される。波長変換器20は、供給されたクロック光パルス（波長 $\lambda_2$ ）の波長を波長 $\lambda_3$ （ $\neq \lambda_2$ ）に変換する。この波長変換器20で波長変換が施されたクロック光パルス（波長 $\lambda_3$ ）は、被制御光として光ゲート3bに供給される。光ゲート3bから出力された光パルス（波長 $\lambda_3$ ）はパルス幅変換器21で所定のパルス時間幅に変換される。

## 【0081】

本実施形態の光信号再生中継器においても、上述した第1の実施形態の場合と同様、第1の光3R器においては、光ゲート3aは、パルス時間幅の狭いクロック光パルス（被制御光）をパルス時間幅の広い光通信信号パルス（制御光）で挟み込むような状態で動作することとなる。また、第2の光3R器においては、上述した第4の実施形態の場合と同様、光ゲート3bは、パルス時間幅の狭いクロック光パルス（被制御光）をパルス時間幅の狭い中間信号光（制御光）で挟み込むような状態で動作することとなる。よって、第1および第2の光3R器のいずれにおいても、ゲートタイミングに関するトレランス（タイミングジッタトレランス）を広く確保することができる。また、ゲート出力光の波形歪みおよび強度ゆらぎを抑制することもできる。

## 【0082】

## (実施形態6)

図8は、本発明の第6の実施形態である光信号再生中継器の概略構成を示すブ

ロック図である。この光信号再生中継器は、図 1 に示した構成において、第 2 の光 3 R 器に代えて波長変換器 20 およびパルス幅変換器 21 を設けた構成になっている。図 8 中、同じ部分には同じ符号を付している。

#### 【0083】

光ゲート 3a から出力された中間信号光（波長  $\lambda_2$ ）は波長変換器 20 に供給される。波長変換器 20 は、供給された中間信号光（波長  $\lambda_2$ ）の波長を波長  $\lambda_3$ （ $\neq \lambda_2$ ）に変換する。この波長変換器 20 で波長変換が施された光パルス（波長  $\lambda_3$ ）はパルス幅変換器 21 に供給される。

#### 【0084】

パルス幅変換器 21 は、波長変換器 20 から供給された光パルス（波長  $\lambda_3$ ）のパルス時間幅を所定のパルス時間幅に変換する。ここで、所定のパルス時間幅は、光通信に適した時間幅であり、DWDM 大容量伝送化を行う場合は、第 1 の 3 R 部にて受信される光通信信号パルスのパルス時間幅に設定される。このパルス幅変換器 21 としては、狭帯域の波長バンドパスフィルタなどが考えられる。パルス幅変換器 21 でパルス時間幅が変換された光パルス（波長  $\lambda_3$ ）は、再生光通信信号パルスとして本光信号再生中継器から出力される。

#### 【0085】

本実施形態の光信号再生中継器においても、上述した第 1 の実施形態の場合と同様、第 1 の光 3 R 器においては、光ゲート 3a は、パルス時間幅の狭いクロック光パルス（被制御光）をパルス時間幅の広い光通信信号パルス（制御光）で挟み込むような状態で動作することとなる。よって、ゲートタイミングに関するトレランス（タイミングジッタトレランス）を広く確保することができる。また、ゲート出力波形の歪みも抑制される。

#### 【0086】

（実施形態 7）

図 9 は、本発明の第 7 の実施形態である光信号再生中継器の概略構成を示すブロック図である。この光信号再生中継器は、図 1 に示した構成において、第 1 の光 3 R 器に代えて波長変換器 20 およびパルス幅変換器 21 を設けた構成になっている。図 9 中、同じ部分には同じ符号を付している。

## 【0087】

波長変換器 20 は、劣化した光通信信号パルス（波長  $\lambda_1$ ）の波長を波長  $\lambda_2$  に変換する。この波長変換器 20 で波長変換された光通信信号パルス（波長  $\lambda_2$ ）はパルス幅変換器 21 に供給される。パルス幅変換器 21 は、狭帯域の波長バンドパスフィルタなどより構成され、波長変換器 20 から供給された光通信信号パルス（波長  $\lambda_2$ ）のパルス時間幅を所定のパルス時間幅に変換する。ここで、所定のパルス時間幅とは、光ゲート 3b におけるタイミングジッタトレランスを十分に広くとれるような狭いパルス時間幅である。パルス幅変換器 21 でパルス時間幅が変換された光パルス（波長  $\lambda_2$ ）が中間信号光として第 2 の 3R 部に供給される。

## 【0088】

本実施形態の光信号再生中継器においても、上述した第 1 の実施形態の場合と同様、光ゲート 3b は、パルス時間幅の広いクロック光パルス（被制御光）をパルス時間幅の狭い中間信号光（制御光）で挟み込むような状態で動作することとなる。よって、ゲートタイミングに関するトレランス（タイミングジッタトレランス）を広く確保することができる。また、ゲート出力光の波形歪みおよび強度ゆらぎを抑制することもできる。

## 【0089】

（実施形態 8）

図 10 は、本発明の第 8 の実施形態である光信号再生中継器の概略構成を示すブロック図である。この光信号再生中継器は、図 1 に示した構成において、第 2 の光 3R 器を削除し、第 1 の光 3R 器の前段、後段にそれぞれ波長変換器 20、パルス幅変換器 21 を設けた構成になっている。図 10 中、同じ部分には同じ符号を付している。

## 【0090】

波長変換器 20 は、パルス時間幅の広い光通信信号パルス（波長  $\lambda_1$ ）の波長を波長  $\lambda_2$  に変換する。この波長変換器 20 で波長変換された光通信信号パルス（波長  $\lambda_2$ ）は光分岐器 1a にて 2 つに分岐され、分岐した一方の光通信信号パルスが制御光として光ゲート 3a に供給され、分岐したもう一方の光通信信号パ

ルスはクロック抽出部 2 a に供給される。

#### 【0091】

クロック抽出器 2 a は、分岐器 1 a から供給された光通信信号パルスのクロックを抽出し、その抽出したクロックからパルス時間幅の十分に狭い波長  $\lambda_3$  のクロック光パルスを生成する。このクロック抽出器 2 a で生成されたクロック光パルスは被制御光として光ゲート 3 a に供給される。

#### 【0092】

光ゲート 3 a は、光分岐器 1 a から供給された光通信信号パルスによってゲートの開閉が制御されることで、クロック抽出器 2 a から供給されたクロック光パルスに通信データを転写する。こうして通信データが転写された、パルス時間幅の十分に狭いクロック光パルスはパルス幅変換器 2 1 に供給される。

#### 【0093】

パルス幅変換器 2 1 は、光ゲート 3 a から供給されたクロック光パルス（波長  $\lambda_3$ ）のパルス時間幅を所定のパルス時間幅に変換する。ここで、所定のパルス時間幅とは、光通信システムに適した時間幅であり、DWDM大容量伝送化を行う場合は第 1 の光 3 R 器にて受信される光通信信号パルスのパルス時間幅に設定される。

#### 【0094】

本実施形態の光信号再生中継器においても、上述した第 1 の実施形態の場合と同様、第 1 の光 3 R 器においては、光ゲート 3 a は、パルス時間幅の狭いクロック光パルス（被制御光）をパルス時間幅の広い劣化通信パルス（制御光）で挟み込むような状態で動作することとなる。よって、ゲートタイミングに関するトレランス（タイミングジッタトレランス）を広く確保することができる。また、ゲート出力波形の歪みも抑制される。

#### 【0095】

以上説明した各実施形態において、第 1、第 2 の光 3 R 器の光ゲート（もしくは波長変換器）における波長変化量を互いに相殺するように設定する、つまり、波長  $\lambda_3$  を波長  $\lambda_1$  と同じに設定することにより、光信号再生中継器の入出力波長の同一化が可能である。また、当然のことながら、光通信における光クロスコ

ネクトなど、波長変換を積極的に行う領域で、本発明の光信号再生中継器を用いる場合には任意の波長出力も可能である。

#### 【0096】

##### 【実施例】

次に、上述した本発明の光信号再生中継器の具体的な実施例について説明する。ここでは、光ゲート部の具体的な構成を中心に説明する。

#### 【0097】

##### (実施例1)

図11に、本発明の光信号再生中継器の第1の実施例として、光ゲートにSMZ型光ゲートを用いた光3R器を2段連結した例を示す。

#### 【0098】

本実施例では、パルス時間幅の広い光通信信号パルス（波長 $\lambda_1$ ）は1段目の光3R器を構成する第1のSMZ型光ゲートおよび第1のクロック抽出部（不図示）にそれぞれ供給される。第1のクロック抽出部では、供給された光通信信号パルス（波長 $\lambda_1$ ）からクロックが抽出され、この抽出したクロックに同期したパルス時間幅の狭いクロック光パルス（波長 $\lambda_2$ ）が生成される。このクロック光パルス（波長 $\lambda_2$ ）は被制御光として第1のSMZ型光ゲートに供給される。

#### 【0099】

第1のSMZ型光ゲートでは、光通信信号パルスが制御光として供給されると同時に、第1のクロック抽出部からのクロック光パルスが被制御光として供給される。供給された光通信信号パルスは、光分岐器21aにて第1、第2の光通信信号パルスに分けられる。第1の光通信信号パルスは、光結合器4aを介して半導体光増幅器（SOA）よりなる非線形位相シフタ11aへ供給され、第2の光通信信号パルスは、光遅延回路10aにて遅延時間 $\Delta t$ だけ遅延を受けた後、光結合器4bを介して半導体光増幅器（SOA）よりなる非線形位相シフタ11bへ供給される。第1のクロック抽出部から供給されたクロック光パルスは、光分岐器21bにて第1、第2のクロック光パルスに分けられる。第1のクロック光パルスは、光結合器4aを介して非線形位相シフタ11aへ供給され、第2のクロック光パルスは、光結合器4bを介して非線形位相シフタ11bへ供給される。

**【0100】**

第1、第2のクロック光パルスが非線形位相シフタ11a、11bに到達するタイミングは同じである。第1の光通信信号パルスが非線形位相シフタ11aに到達するタイミングは、第1のクロック光パルスが非線形位相シフタ11aに到達するタイミングより早い。第2の光通信信号パルスが非線形位相シフタ11bに到達するタイミングは、第2のクロック光パルスが非線形位相シフタ11bに到達するタイミングより遅い。

**【0101】**

上記の到達タイミングによれば、被制御光である第1のクロック光パルス（または第2のクロック光パルス）が制御光である第1および第2の光通信信号パルスによって時間的に挟まれた状態で第1のSMZ型光ゲートが動作することになる。具体的には、非線形位相シフタ11aにおいては、第1の光通信信号パルスにより第1のクロック光パルスに非線形位相シフトが生じ、非線形位相シフタ11bにおいては、第2のクロック光パルスは第2の光通信信号パルスより前に到達するので、非線形位相シフトを受けることなくそのまま通過する。

**【0102】**

非線形位相シフタ11a、11bを通過した第1および第2のクロック光パルスは、光結合器4cに到達する。この光結合器4cでは、干渉により、入力された被制御光パルスの間に位相差を生じている場合にのみ光パルスが出力される。位相差が生じていない場合は、被制御光パルスは互いに打ち消し合うことになるため、光パルスは出力されない。非線形位相シフタ11aからの非線形位相シフトを生じた第1のクロック光パルスと非線形位相シフタ11bからの非線形位相シフトを生じなかった第2のクロック光パルスとの間には位相差が生じているため、光結合器4cでは、それらクロック光パルスが合波された光パルス（波長 $\lambda_2$ ）が出力される。この光結合器4cからの光パルスは、波長バンドパスフィルタ（BPF）12aを通過して中間信号光（波長 $\lambda_2$ ）として1段目の光3R器から出力される。

**【0103】**

1 段目の光 3 R 器から出力された中間信号光は、2 段目の光 3 R 器を構成する第 2 の S M Z 型光ゲートおよび第 2 のクロック抽出部（不図示）にそれぞれ供給される。第 2 のクロック抽出部では、1 段目の光 3 R 器から供給された中間信号光（波長  $\lambda_2$ ）からクロックが抽出され、この抽出したクロックに同期したパルス時間幅の広いクロック光パルス（波長  $\lambda_3$ ）が生成される。このクロック光パルスは被制御光として第 2 の S M Z 型光ゲートに供給される。

#### 【0104】

第 2 の S M Z 型光ゲートでは、1 段目の光 3 R 器から出力された中間信号光が制御光として供給されると同時に、第 2 のクロック抽出部から出力されたクロック光パルスが被制御光として供給される。供給された中間信号光は、光分岐器 21 c にて第 1、第 2 の中間信号光に分けられる。第 1 の中間信号光は、光結合器 4 d を介して半導体光増幅器（S O A）よりなる非線形位相シフタ 11 c へ供給され、第 2 の中間信号光は、光遅延回路 10 b にて遅延時間  $\Delta t'$  だけ遅延を受けた後、光結合器 4 e を介して半導体光増幅器（S O A）よりなる非線形位相シフタ 11 d へ供給される。第 2 のクロック抽出部から供給されたクロック光パルスは、光分岐器 21 d にて第 1、第 2 のクロック光パルスに分けられる。第 1 のクロック光パルスは、光結合器 4 d を介して非線形位相シフタ 11 c へ供給され、第 2 のクロック光パルスは、光結合器 4 e を介して非線形位相シフタ 11 d へ供給される。

#### 【0105】

第 1、第 2 のクロック光パルスが非線形位相シフタ 11 c、11 d に到達するタイミングは同じである。第 1 の中間信号光が非線形位相シフタ 11 c に到達するタイミングは、第 1 のクロック光パルスが非線形位相シフタ 11 c に到達するタイミングより早い。第 2 の中間信号光が非線形位相シフタ 11 d に到達するタイミングは、第 2 のクロック光パルスが非線形位相シフタ 11 d に到達するタイミングより遅い。

#### 【0106】

上記の到達タイミングによれば、被制御光である第 1 のクロック光パルス（または第 2 のクロック光パルス）が制御光である第 1 および第 2 の中間信号光によ

って時間的に挟まれた状態で第2のSMZ型光ゲートが動作することになる。具体的には、非線形位相シフタ11cにおいては、第1の中間信号光により第1のクロック光パルスに非線形位相シフトが生じ、非線形光位相シフタ11dにおいては、第2のクロック光パルスは第2の中間信号光より前に到達するので、非線形位相シフトを受けることなくそのまま通過する。

#### 【0107】

非線形光位相シフタ11c、11dを通過した第1および第2のクロック光パルスは、光結合器4fに到達する。この光結合器4fでは、干渉により、入力された被制御光パルスの間に位相差を生じている場合にのみ光パルスが出力される。位相差が生じていない場合は、被制御光パルスは互いに打ち消し合うことになるため、光パルスは出力されない。非線形位相シフタ11cからの非線形位相シフトを生じた第1のクロック光パルスと非線形位相シフタ11dからの非線形位相シフトを生じなかった第2のクロック光パルスとの間には位相差が生じているため、それらクロック光パルスが合波された光パルス( $\lambda 3$ )が光結合器4fから出力される。この光結合器4fの出力光パルスは、波長バンドパスフィルタ(BPF)12bを通過して再生光通信信号パルス(波長 $\lambda 3$ )として本光信号再生中継器外へ出力される。

#### 【0108】

本実施例の光信号再生中継器において、光通信信号パルスがフーリエトランスフォーム限界で、かつ、ビットピリオドの半分程度の時間幅を有するDWDM大容量伝送に対応させる場合には、第1のクロック抽出部で生成されるクロック光パルスのパルス時間幅は、ビットピリオドおよびゲート幅( $\Delta t$ )に対して十分狭く設定し、第2のクロック抽出部で生成されるクロック光パルスのパルス時間幅は、光通信信号パルスと同じになるように設定する。

#### 【0109】

また、再生信号パルスの波長 $\lambda 3$ と光通信信号パルスの波長 $\lambda 1$ は、同じであっても、異なってもよい。波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 3$ が同じである場合には、入出力同一波長の光信号再生中継器が実現できる。

#### 【0110】

**(実施例 2)**

図 12 に、本発明の光信号再生中継器の第 2 の実施例として、光ゲートに PD-SMZ (UNI) 型光ゲートを用いた光 3 R 器を 2 段連結した例を示す。

**【0111】**

本実施例の光信号再生中継器では、パルス時間幅の広い光通信信号パルス（波長  $\lambda_1$ ）は 1 段目の光 3 R 器を構成する第 1 の PD-SMZ (UNI) 型光ゲートおよび第 1 のクロック抽出部（不図示）にそれぞれ供給される。第 1 のクロック抽出部では、供給された光通信信号パルス（波長  $\lambda_1$ ）からクロックが抽出され、この抽出したクロックに同期したパルス時間幅の狭いクロック光パルス（波長  $\lambda_2$ ）が生成される。このクロック光パルス（波長  $\lambda_2$ ）は被制御光として第 1 の PD-SMZ (UNI) 型光ゲートに供給される。

**【0112】**

第 1 の PD-SMZ (UNI) 型光ゲートでは、第 1 のクロック抽出部から供給されたクロック光パルスは、光偏波分離器 13 a にて、偏波成分が互いに直交する第 1、第 2 の偏波成分パルスに分離される。第 2 の偏波成分パルスは、光遅延回路 10 a で相対的な時間遅延  $\Delta t$  が与えられた後、光偏波結合器 14 a にて第 1 の偏波成分パルスと結合される。こうして結合された第 1 および第 2 の偏波成分パルスは、光結合器 4 a' を介して半導体光増幅器 (SOA) よりなる非線形位相シフタ 11 a に順次供給される。同時に、光通信信号パルスも光結合器 4 a' を介して非線形位相シフタ 11 a に供給される。

**【0113】**

光通信信号パルスが非線形位相シフタ 11 a に到達するタイミングは、第 1 の偏波成分パルスが非線形位相シフタ 11 a に到達するタイミングより遅く、第 2 の偏波成分パルスが非線形位相シフタ 11 a に到達するタイミングより早い。この到達タイミングによれば、制御光である光通信信号パルスが被制御光である第 1 および第 2 の偏波成分パルスによって時間的に挟まれた状態で第 1 の PD-SMZ (UNI) 型光ゲートが動作することになる。

**【0114】**

非線形位相シフタ 11 a では、第 1 の偏波成分パルスは光通信信号パルスより

前に到達するので、非線形位相シフトを受けることなくそのまま通過し、第2の偏波成分パルスは、光通信信号パルスより後に到達するので、光通信信号パルスより非線形位相シフトを受ける。この非線形位相シフタ 11a を通過した第1および第2の偏波成分パルスは、光偏波分離器 13b により再び分離される。再分離した第1の偏波成分パルスは、光遅延回路 10b で相対的な時間遅延  $\Delta t$  が与えられた後、光偏波結合器 14b にて第2の偏波成分パルスと結合される。こうして結合された第1、第2の偏波成分パルスは干渉・合波し、その後、偏光子 15a にて任意の直線偏波成分が選択される。選択された直線偏波成分のパルスは、波長バンドパスフィルタ (BPF) 12a を通過して中間信号光 (波長  $\lambda_2$ ) として1段目の光3R器から出力される。

#### 【0115】

1段目の光3R器から出力された中間信号光は2段目の光3R器を構成する第2のPD-SMZ (UNI) 型光ゲートおよび第2のクロック抽出部 (不図示) にそれぞれ供給される。第2のクロック抽出部では、1段目の光3R器から供給された中間信号光 (波長  $\lambda_2$ ) からクロックが抽出され、この抽出したクロックに同期したパルス時間幅の広いクロック光パルス (波長  $\lambda_3$ ) が生成される。このクロック光パルスは被制御光として第2のPD-SMZ (UNI) 型光ゲートに供給される。

#### 【0116】

第2のPD-SMZ (UNI) 型光ゲートでは、第2のクロック抽出部から供給されたクロック光パルスは、光偏波分離器 13c にて、偏波成分が互いに直交する第1、第2の偏波成分パルスに分離される。第2の偏波成分パルスは、光遅延回路 10c で相対的な時間遅延  $\Delta t'$  が与えられた後、光偏波結合器 14c にて第1の偏波成分パルスと結合される。こうして結合された第1および第2の偏波成分パルスは、光結合器 4b' を介して半導体光増幅器 (SOA) よりなる非線形位相シフタ 11b に順次供給される。同時に、1段目の光3R器から制御光として供給された中間信号光 (波長  $\lambda_2$ ) も光結合器 4b' を介して非線形位相シフタ 11b に供給される。

#### 【0117】

中間信号光が非線形位相シフタ 11b に到達するタイミングは、第 1 の偏波成分パルスが非線形位相シフタ 11b に到達するタイミングより遅く、第 2 の偏波成分パルスが非線形位相シフタ 11b に到達するタイミングより早い。この到達タイミングによれば、中間信号光（制御光）が第 1 および第 2 の偏波成分パルス（被制御光）によって時間的に挟まれた状態で第 2 の PD-SMZ（UNI）型光ゲートが動作することになる。

#### 【0118】

非線形位相シフタ 11b では、第 1 の偏波成分パルスは中間信号光より前に到達するので、非線形位相シフトを受けることなくそのまま通過し、第 2 の偏波成分パルスは、中間信号光より後に到達するので、中間信号光による非線形位相シフトを受ける。この非線形位相シフタ 11b を通過した第 1 および第 2 の偏波成分パルスは、光偏波分離器 13d により再び分離される。再分離した第 1 の偏波成分パルスは、光遅延回路 10d で相対的な時間遅延  $\Delta t'$  が与えられた後、光偏波結合器 14d にて第 2 の偏波成分パルスと結合される。こうして結合された第 1 および第 2 の偏波成分パルスは干渉・合波し、偏光子 15b にて任意の直線偏波成分が選択される。選択された直線偏波成分のパルスは、波長バンドパスフィルタ（BPF）12b を通過して再生光通信信号パルス（波長  $\lambda_3$ ）として本光信号再生中継器外へ出力される。

#### 【0119】

本実施例の光信号再生中継器において、光通信信号パルスがフーリエトランスフォーム限界で、かつ、ビットピリオドの半分程度の時間幅を有する DWDM 大容量伝送に対応させる場合には、第 1 のクロック抽出部で生成されるクロック光パルスのパルス時間幅は、ビットピリオドおよびゲート幅（ $\Delta t$ ）に対して十分狭く設定し、第 2 のクロック抽出部で生成されるクロック光パルスのパルス時間幅は、光通信信号パルスと同じになるように設定する。

#### 【0120】

また、再生信号パルスの波長  $\lambda_3$  と光通信信号パルスの波長  $\lambda_1$  は、同じであっても、異なってもよい。波長  $\lambda_1$ 、 $\lambda_3$  が同じである場合には、入出力同一波長の光信号再生中継器が実現できる。

**【0121】**

第1のPD-SMZ (UNI) 型光ゲートにおいて、波長バンドパスフィルタ12aの位置は、非線形位相シフタ11aの直後、もしくは偏光子15aの直前であってもよい。さらに、偏波分離器13a、13b、光遅延回路10a、10b、および偏波結合器14a、14bを含む伝送路部は、複屈折性を持つ結晶やファイバによって一つにまとめて置き換えることも可能である。

**【0122】**

第2のPD-SMZ (UNI) 型光ゲートにおいて、波長バンドパスフィルタ12bの位置は、非線形位相シフタ11bの直後、もしくは偏光子15bの直前であってもよい。さらに、偏波分離器13c、13d、光遅延回路10c、10d、および偏波結合器14c、14dを含む伝送路部は、複屈折性を持つ結晶やファイバによって一つにまとめて置き換えることも可能である。

**【0123】**

(実施例3)

図13に、本発明の光信号再生中継器の第3の実施例として、光ゲートにNOLM (SLALOM) 型光ゲートを用いた光3R器を2段連結した例を示す。

**【0124】**

本実施例の光信号再生中継器では、パルス時間幅の広い光通信信号パルス（波長 $\lambda_1$ ）は1段目の光3R器を構成する第1のNOLM (SLALOM) 型光ゲートおよび第1のクロック抽出部（不図示）にそれぞれ供給される。第1のクロック抽出部では、供給された光通信信号パルス（波長 $\lambda_1$ ）からクロックが抽出され、この抽出したクロックに同期したパルス時間幅の狭いクロック光パルス（波長 $\lambda_2$ ）が生成される。このクロック光パルス（波長 $\lambda_2$ ）は光カップラ16aを介して被制御光として第1のNOLM (SLALOM) 型光ゲートに供給される。

**【0125】**

第1のNOLM (SLALOM) 型光ゲートは、ループ構造になっており、ファイバループの、光カップラ16aと対向する位置に非線形光位相シフタ11aを備える。このファイバループの、光カップラ16aと非線形光位相シフタ11aを

結ぶ一方の伝送路上には光結合器 4 a が設けられており、他方の伝送路上には光遅延回路 10 a が設けられている。

#### 【0126】

第 1 のクロック抽出部からのクロック光パルスが光カップラ 16 a からファイバループ内に導入されると同時に、制御光である光通信信号パルス ( $\lambda 1$ ) が光結合器 4 a からファイバループ内に導入される。第 1 のクロック抽出部から光カップラ 16 a を介してファイバループ内に導入されたクロック光パルスは、ファイバループを時計回り方向に伝搬する第 1 のクロック光パルスと反時計回り方向に伝搬する第 2 のクロック光パルスに分けられる。

#### 【0127】

第 1 のクロック光パルスは、そのまま非線形光位相シフタ 11 a に到達し、第 2 のクロック光パルスは、光遅延回路 10 a で時間遅延  $\Delta t$  が与えられた後、非線形光位相シフタ 11 a に到達する。光結合器 4 a からファイバループ内に導入された光通信信号パルスは、ファイバループを時計回り方向に伝搬して非線形光位相シフタ 11 a に到達する。非線形光位相シフタ 11 a には、第 1 のクロック光パルス、光通信信号パルス、第 2 のクロック光パルスの順に到達する。この到達タイミングによれば、光通信信号パルス（制御光）が第 1 および第 2 のクロック光パルス（被制御光）によって時間的に挟まれた状態で第 1 の NOLM (SLALOM) 型光ゲートが動作することになる。

#### 【0128】

非線形光位相シフタ 11 a では、第 1 のクロック光パルスは、光通信信号パルスより前に到達するので、非線形位相シフトを受けることなくそのまま通過し、第 2 のクロック光パルスは、光通信信号パルスより後に到達するので、光通信信号パルスによる非線形位相シフトを受ける。

#### 【0129】

非線形位相シフタ 11 a を通過した第 2 のクロック光パルスは、そのまま光カップラ 16 a に到達する。一方、非線形位相シフタ 11 a を通過した第 1 のクロック光パルスは、光遅延回路 10 a で遅延時間  $\Delta t$  分だけ遅延を受けた後、光カップラ 16 a に到達する。よって、これら第 1 および第 2 のクロック光パルスの光カ

プラ 16 a への到達タイミングは同じになり、これら第 1 および第 2 のクロック光パルスが干渉する。この干渉では、第 1 および第 2 のクロック光パルスの間に位相差を生じているため、これらクロック光パルスが合波された光パルス ( $\lambda 2$ ) が光カプラ 16 a からファイバループ外へ取り出される。こうして取り出された光パルスは、波長バンドパスフィルタ (BPF) 12 a を通過して中間信号光として 1 段目の光 3 R 器から出力される。

#### 【0130】

1 段目の光 3 R 器から出力された中間信号光は 2 段目の光 3 R 器を構成する第 2 の NOLM (SLALOM) 型光ゲートおよび第 2 のクロック抽出部 (不図示) にそれぞれ供給される。第 2 のクロック抽出部では、1 段目の光 3 R 器から供給された中間信号光 (波長  $\lambda 2$ ) からクロックが抽出され、この抽出したクロックに同期したパルス時間幅の広いクロック光パルス (波長  $\lambda 3$ ) が生成される。このクロック光パルスは被制御光として第 2 の NOLM (SLALOM) 型光ゲートに供給される。

#### 【0131】

第 2 の NOLM (SLALOM) 型光ゲートも、ループ構造になっており、ファイバループの、光カプラ 16 b と対向する位置に非線形光位相シフタ 11 b を備える。このファイバループの、光カプラ 16 b と非線形光位相シフタ 11 b を結ぶ一方の伝送路上には光結合器 4 b が設けられており、他方の伝送路上には光遅延回路 10 b が設けられている。

#### 【0132】

第 2 のクロック抽出部からのクロック光パルスが光カプラ 16 b からファイバループ内に導入されると同時に、制御光である中間信号光が光結合器 4 b からファイバループ内に導入される。第 2 のクロック抽出部から光カプラ 16 b を介してファイバループ内に導入されたクロック光パルスは、ファイバループを時計回り方向に伝搬する第 1 のクロック光パルスと反時計回り方向に伝搬する第 2 のクロック光パルスに分けられる。

#### 【0133】

第 1 のクロック光パルスは、そのまま非線形光位相シフタ 11 b に到達し、第

2のクロック光パルスは、光遅延回路10bで時間遅延 $\Delta t'$ が与えられた後、非線形光位相シフタ11bに到達する。光結合器4bからファイバループ内に導入された中間信号光は、ファイバループを時計回り方向に伝搬して非線形光位相シフタ11bに到達する。非線形光位相シフタ11bには、第1のクロック光パルス、中間信号光、第2のクロック光パルスの順に到達する。この到達タイミングによれば、中間信号光（制御光）が第1および第2のクロック光パルス（被制御光）によって時間的に挟まれた状態で第2のNOLM（SLALOM）型光ゲートが動作することになる。

#### 【0134】

非線形光位相シフタ11bでは、第1のクロック光パルスは、中間信号光より前に到達するので、非線形位相シフトを受けることなくそのまま通過し、第2のクロック光パルスは、中間信号光より後に到達するので、中間信号光による非線形位相シフトを受ける。

#### 【0135】

非線形位相シフタ11bを通過した第2のクロック光パルスは、そのまま光カプラ16bに到達する。一方、非線形位相シフタ11bを通過した第1のクロック光パルスは、光遅延回路10bで遅延時間 $\Delta t$ 分だけ遅延を受けた後、光カプラ16bに到達する。よって、これら第1および第2のクロック光パルスの光カプラ16bへの到達タイミングは同じになり、これら第1および第2のクロック光パルスが干渉する。この干渉では、第1および第2のクロック光パルスの間に位相差を生じているため、これらクロック光パルスが合波された光パルス（ $\lambda_3$ ）が光カプラ16bからファイバループ外へ取り出される。こうして取り出された光パルスは、波長バンドパスフィルタ（BPF）12bを通過し、再生信号パルス（波長 $\lambda_3$ ）として2段目の光3R器から出力される。

#### 【0136】

本実施例の光信号再生中継器において、光通信信号パルスがフーリエトランスフォーム限界で、かつ、ビットピリオドの半分程度の時間幅を有するDWDM大容量伝送に対応させる場合には、第1のクロック抽出部で生成されるクロック光パルスのパルス時間幅は、ビットピリオドおよびゲート幅（ $\Delta t$ ）に対して十分

狭く設定し、第2のクロック抽出部で生成されるクロック光パルスのパルス時間幅は、光通信信号パルスと同じになるように設定する。

#### 【0137】

また、再生信号パルスの波長 $\lambda_3$ と光通信信号パルスの波長 $\lambda_1$ は、同じであっても、異なってもよい。波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_3$ が同じである場合には、入出力同一波長の光信号再生中継器が実現できる。

#### 【0138】

第1のNOLM (SLALOM) 型光ゲートにおいて、波長バンドパスフィルタ12aの位置は、非線形位相シフタ11aと光遅延回路10aの間、もしくは光遅延回路10aと光カップラ16aの間であってもよい。同様に、第2のNOLM (SLALOM) 型光ゲートにおいて、波長バンドパスフィルタ12bの位置は、非線形位相シフタ11bと光遅延回路10bの間、もしくは光遅延回路10bと光カップラ16bの間であってもよい。

#### 【0139】

(実施例4)

図14に、本発明の光信号再生中継器の第4の実施例として、光ゲートにDISC型光ゲートを用いた光3R器を2段連結した例を示す。

#### 【0140】

本実施例では、パルス時間幅の広い光通信信号パルス（波長 $\lambda_1$ ）は1段目の光3R器を構成する第1のDISC型光ゲートおよび第1のクロック抽出部（不図示）にそれぞれ供給される。第1のクロック抽出部では、供給された光通信信号パルス（波長 $\lambda_1$ ）からクロックが抽出され、この抽出したクロックに同期したパルス時間幅の狭いクロック光パルス（波長 $\lambda_2$ ）が生成される。このクロック光パルスは被制御光として第1のDISC型光ゲートに供給される。

#### 【0141】

第1のDISC型光ゲートでは、上記の光通信信号パルスが制御光として供給されており、この供給された光通信信号パルスが光結合器4aを介して半導体光増幅器(SOA)よりなる非線形位相シフタ11aへ供給されると同時に、第1のクロック抽出部から供給されたクロック光パルスが光結合器4aを介して非線

形位相シフタ 11a へ供給される。

【0142】

光通信信号パルスは、クロック光パルスの連続する第1、第2のクロック光パルスの間に挿入される。光通信信号パルスが非線形位相シフタ 11a に到達するタイミングは、第1のクロック光パルスが非線形位相シフタ 11a に到達するタイミングより遅く、第2のクロック光パルスが非線形位相シフタ 11a に到達するタイミングより早い。この到達タイミングによれば、制御光である光通信信号パルスが被制御光である第1および第2のクロック光パルスによって時間的に挟まれた状態で第1のDISC型光ゲートが動作することになる。

【0143】

非線形位相シフタ 11a では、第1のクロック光パルスは、光通信信号パルスより前に到達するので、非線形位相シフトを受けることなくそのまま通過し、第2のクロック光パルスは、光通信信号パルスより後に到達するので、光通信信号パルスによる非線形位相シフトを受ける。この非線形位相シフタ 11a を通過した第1および第2のクロック光パルスは、光偏波分離器 13a にて、偏波成分が互いに直交する第1、第2の偏波成分パルスに分離される。第2の偏波成分パルスは、光遅延回路 10a で相対的な時間遅延  $\Delta t$  (ビットピリオドに対応する) が与えられた後、光偏波結合器 14a にて第1の偏波成分パルスと結合される。こうして結合された第1および第2の偏波成分パルスが干渉・合波し、偏光子 15a にて任意の直線偏波成分が選択される。選択された直線偏波成分のパルスは、波長バンドパスフィルタ (BPF) 12a を通過して中間信号光 (波長  $\lambda_2$ ) として1段目の光3R器から出力される。

【0144】

1段目の光3R器から出力された中間信号光は2段目の光3R器を構成する第2のDISC型光ゲートおよび第2のクロック抽出部 (不図示) にそれぞれ供給される。第2のクロック抽出部では、1段目の光3R器から供給された中間信号光 (波長  $\lambda_2$ ) からクロックが抽出され、この抽出したクロックに同期したパルス時間幅の広いクロック光パルス (波長  $\lambda_3$ ) が生成される。このクロック光パルスは被制御光として第2のDISC型光ゲートに供給される。

## 【0145】

第2のDISC型光ゲートでは、1段目の光3R器から出力された中間信号光が制御光として供給されており、この供給された中間信号光が光結合器4bを介して半導体光増幅器(SOA)よりなる非線形位相シフタ11bへ供給されると同時に、第2のクロック抽出部から被制御光として供給されたクロック光パルスが光結合器4bを介して非線形位相シフタ11bへ供給される。

## 【0146】

中間信号光は、クロック光パルスの連続する第1、第2のクロック光パルスの間に挿入される。中間信号光が非線形位相シフタ11bに到達するタイミングは、第1のクロック光パルスが非線形位相シフタ11bに到達するタイミングより遅く、第2のクロック光パルスが非線形位相シフタ11bに到達するタイミングより早い。この到達タイミングによれば、制御光である中間信号光が被制御光である第1および第2のクロック光パルスによって時間的に挟まれた状態で第2のDISC型光ゲートが動作することになる。

## 【0147】

非線形位相シフタ11bでは、第1のクロック光パルスは、中間信号光より前に到達するので、非線形位相シフトを受けることなくそのまま通過し、第2のクロック光パルスは、中間信号光より後に到達するので、中間信号光による非線形位相シフトを受ける。この非線形位相シフタ11bを通過した第1および第2のクロック光パルスは、光偏波分離器13bにて、偏波成分が互いに直交する第1、第2の偏波成分パルスに分離される。第2の偏波成分パルスは、光遅延回路10bで相対的な時間遅延 $\Delta t$ （ビットピリオドに対応する）が与えられた後、光偏波結合器14bにて第1の偏波成分パルスと結合される。こうして結合された第1および第2の偏波成分パルスが干渉・合波し、偏光子15bにて任意の直線偏波成分が選択される。選択された直線偏波成分のパルスは、波長バンドパスフィルタ(BPF)12bを通過して再生光通信信号パルス（波長 $\lambda_3$ ）として本光信号再生中継器外へ出力される。

## 【0148】

本実施例の光信号再生中継器において、光通信信号パルスがフーリエトランス

フォーム限界で、かつ、ビットピリオドの半分程度の時間幅を有するDWDM大容量伝送に対応させる場合には、第1のクロック抽出部で生成されるクロック光パルスのパルス時間幅は、ビットピリオドおよびゲート幅( $\Delta t$ )に対して十分狭く設定し、第2のクロック抽出部で生成されるクロック光パルスのパルス時間幅は、光通信信号パルスと同じになるように設定する。

#### 【0149】

また、再生信号パルスの波長 $\lambda_3$ と光通信信号パルスの波長 $\lambda_1$ は、同じであっても、異なってもよい。波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_3$ が同じである場合には、入出力同一波長の光信号再生中継器が実現できる。

#### 【0150】

第1のDISC型光ゲートにおいて、波長バンドパスフィルタ12aの位置は、非線形位相シフタ11aの直後、もしくは偏光子15aの直前であってもよい。また、偏波分離器13a、光遅延回路10aおよび偏波結合器14aは、複屈折性を持つ結晶やファイバによって一つにまとめて形成してもよい。

#### 【0151】

第2のDISC型光ゲートにおいて、波長バンドパスフィルタ12bの位置は、非線形位相シフタ11bの直後、もしくは偏光子15bの直前であってもよい。また、偏波分離器13b、光遅延回路10bおよび偏波結合器14bは、複屈折性を持つ結晶やファイバによって一つにまとめて形成してもよい。

#### 【0152】

(実施例5)

図15に、本発明の光信号再生中継器の第5の実施例を示す。本実施例の光信号再生中継器は、図11に示した光信号再生中継器において、2段目の光3R器を構成する第2のクロック抽出部で生成されるクロック光パルスの時間幅を狭く設定し、波長バンドパスフィルタ12bに代えて狭帯域の波長バンドパスフィルタ22を用いたものである。この他の部分は、図11に示した光信号再生中継器と同じである。

#### 【0153】

本実施例の光信号再生中継器も、基本動作は図11に示した光信号再生中継器

における動作と同じであるが、第2のクロック抽出部がパルス時間幅の狭いクロック光パルス（波長 $\lambda_3$ ）を生成する点異なる。

#### 【0154】

第2のSMZ型光ゲートでは、1段目の光3R器から出力された中間信号光が制御光として供給されると同時に、第2のクロック抽出部から出力されたパルス時間幅の狭いクロック光パルスが被制御光として供給される。このため、光結合器4fからはパルス時間幅の狭い光パルスが出力される。この光結合器4fの出力光パルスは、狭帯域の波長バンドパスフィルタ22を通過し、そこで光通信に適したパルス時間幅の光パルスに変換される。こうして波長バンドパスフィルタ22を通過した光パルスは再生光通信信号パルス（波長 $\lambda_3$ ）として本光信号再生中継器外へ出力される。

#### 【0155】

本実施例の構成によれば、2段目の光3R器における制御光と被制御光のタイミングに関するトレランス（タイミングジッタトレランス）をさらに拡大することができる。

#### 【0156】

（実施例6）

図16に、本発明の光信号再生中継器の第6の実施例を示す。本実施例の光信号再生中継器は、図11に示した光信号再生中継器において、2段目の光3R器をDISC型光ゲートで置き換えたものである。

#### 【0157】

1段目の光3R器における動作は、図11に示したものと同一である。1段目の光3R器から出力された中間信号光は、制御光としてDISC型光ゲートに供給される。同時に、連続光（波長 $\lambda_3$ ）が被制御光としてDISC型光ゲートに供給される。

#### 【0158】

DISC型光ゲートでは、1段目の光3R器から出力された中間信号光が光結合器4dを介して半導体光増幅器（SOA）よりなる非線形位相シフタ11cへ供給されると同時に、被制御光として供給された連続光が光結合器4dを介して

非線形位相シフタ 11c へ供給される。

【0159】

中間信号光は、連続光に対して任意のタイミングで挿入される。非線形位相シフタ 11c では、連続光のうち、中間信号光より前に到達した第 1 の部分は、非線形位相シフトを受けることなくそのまま通過し、中間信号光より後に到達した第 2 の部分は、中間信号光による非線形位相シフトを受ける。この非線形位相シフタ 11c を通過した連続光は、光偏波分離器 13 にて、偏波成分が互いに直交する第 1、第 2 の偏波成分パルスに分離される。第 1 の偏波成分パルスは、光遅延回路 10b で相対的な時間遅延  $\Delta t$  が与えられた後、光偏波結合器 14 にて第 2 の偏波成分パルスと結合される。こうして結合された第 1 および第 2 の偏波成分パルスが干渉・合波し、偏光子 15 にて任意の直線偏波成分が選択される。選択された直線偏波成分のパルス（パルス時間幅は、光遅延回路 10b で与えられる時間遅延  $\Delta t$  でほぼ決まる。）は、狭帯域の波長バンドパスフィルタ（BPF）22 にて光通信に適したパルス時間幅に変換された後、再生光通信信号パルス（波長  $\lambda_3$ ）として本光信号再生中継器外へ出力される。

【0160】

本実施例の光信号再生中継器において、光通信信号パルスがフーリエトランスフォーム限界で、かつ、ビットピリオドの半分程度の時間幅を有する DWDM 大容量伝送に対応させる場合には、1 段目の光 3R 器のクロック抽出部で生成されるクロック光パルスのパルス時間幅は、ビットピリオドおよびゲート幅（ $\Delta t'$ ）に対して十分狭く設定し、再生光通信信号パルスのパルス時間幅は、光通信信号パルスと同じになるように設定する。

【0161】

また、再生光通信信号パルスの波長  $\lambda_3$  と光通信信号パルスの波長  $\lambda_1$  は、同じであっても、異なってもよい。波長  $\lambda_1$ 、 $\lambda_3$  が同じである場合には、入出力同一波長の光信号再生中継器が実現できる。

【0162】

DISC 型光ゲートにおいて、狭帯域の波長バンドパスフィルタ 22 の位置は、非線形位相シフタ 11c の直後、もしくは偏光子 15 の直前であってもよい。

また、偏波分離器 13、光遅延回路 10b および偏波結合器 14 は、複屈折性を持つ結晶やファイバによって一つにまとめて構成してもよい。

#### 【0163】

上述した各実施例の光ゲートの組み合わせに以外に、任意の光ゲートの組み合わせも可能である。

#### 【0164】

尚、本発明は上記各実施例の構成に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更可能である。

#### 【0165】

#### 【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、タイミングジッタトレランスを広く確保することができ、ゲート出力光の波形歪および強度ゆらぎを抑制することができるので、光通信信号パルスの時間幅が広い DWDM 方式における大容量伝送においても高性能な光信号再生を実現することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【図 1】

本発明の第 1 の実施形態である光信号生成中継器の概略構成を示すブロック図である。

#### 【図 2】

(a) は、図 1 に示す第 1 の光 3 R 器におけるタイミングジッタトレランスを説明するための図、(b) は、比較例のタイミングジッタトレランスを説明するための図である。

#### 【図 3】

(a) は、図 1 に示す第 2 の光 3 R 器におけるタイミングジッタトレランスを説明するための図、(b) は比較例のタイミングジッタトレランスを説明するための図である。

#### 【図 4】

本発明の第 2 の実施形態である光信号生成中継器の概略構成を示すブロック図である。

**【図 5】**

本発明の第 3 の実施形態である光信号生成中継器の概略構成を示すブロック図である。

**【図 6】**

本発明の第 4 の実施形態である光信号生成中継器の概略構成を示すブロック図である。

**【図 7】**

本発明の第 5 の実施形態である光信号生成中継器の概略構成を示すブロック図である。

**【図 8】**

本発明の第 6 の実施形態である光信号生成中継器の概略構成を示すブロック図である。

**【図 9】**

本発明の第 7 の実施形態である光信号生成中継器の概略構成を示すブロック図である。

**【図 1 0】**

本発明の第 8 の実施形態である光信号生成中継器の概略構成を示すブロック図である。

**【図 1 1】**

本発明の第 1 の実施例の構成を示すブロック図である。

**【図 1 2】**

本発明の第 2 の実施例の構成を示すブロック図である。

**【図 1 3】**

本発明の第 3 の実施例の構成を示すブロック図である。

**【図 1 4】**

本発明の第 4 の実施例の構成を示すブロック図である。

**【図 1 5】**

本発明の第 5 の実施例の構成を示すブロック図である。

**【図 1 6】**

本発明の第6の実施例の構成を示すブロック図である。

【図17】

従来の光3R器の基本構成を示すブロック図である。

【図18】

対称マッハツェンダ型光ゲート (SMZ) の一般的な構成を示すブロック図である。

【図19】

偏波識別型対称マッハツェンダ型光ゲートの一般的な構成を示すブロック図である。

【図20】

非線形光ループミラー型光ゲートの一般的な構成を示すブロック図である。

【図21】

SMZ型光ゲートの動作を説明するための図である。

【図22】

(a) は、DWDM方式における分割光スペクトル (帯域) を示す図、(b) は光通信信号パルスを示す図である。

【図23】

(a) および (b) は、ゲート時間窓形状を説明するための図である。

【図24】

(a) は、ゲート時間窓形状が矩形形状の場合におけるタイミングジッタトレランスを示す図、(b) は、ゲート時間窓形状が波状の場合におけるタイミングジッタトレランスを示す図である。

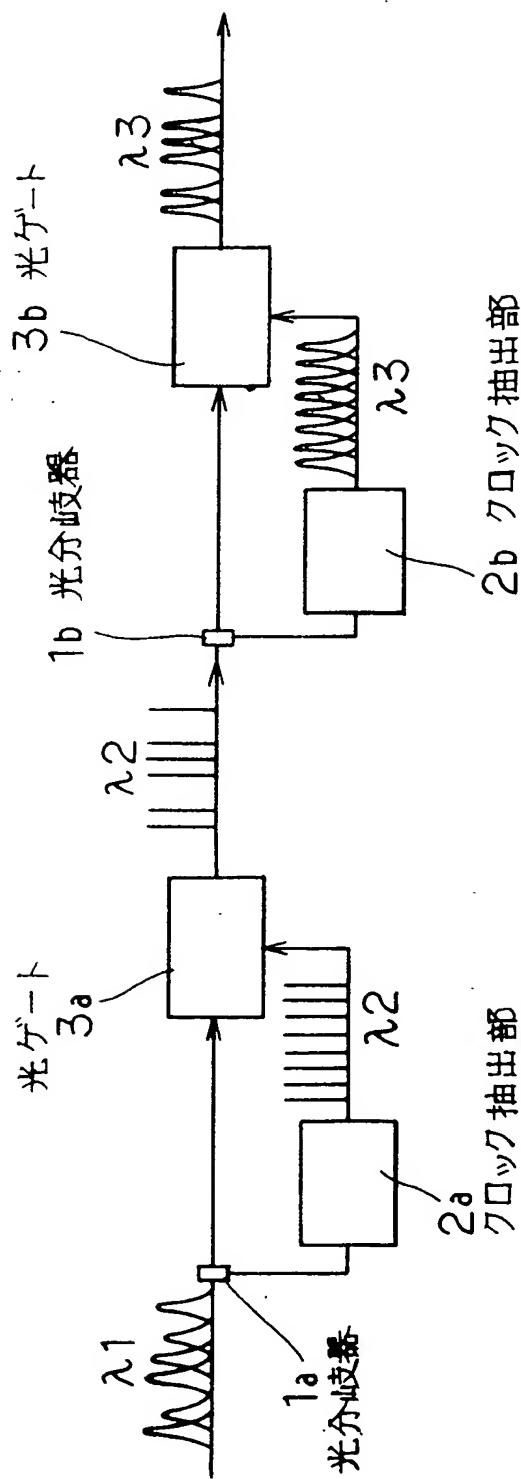
【符号の説明】

- 1、1 a～1 c 光分岐器
- 2、2 a、2 b クロック抽出器
- 3、3 a、3 b 光ゲート
- 20 波長変換器
- 21 パルス幅変換器

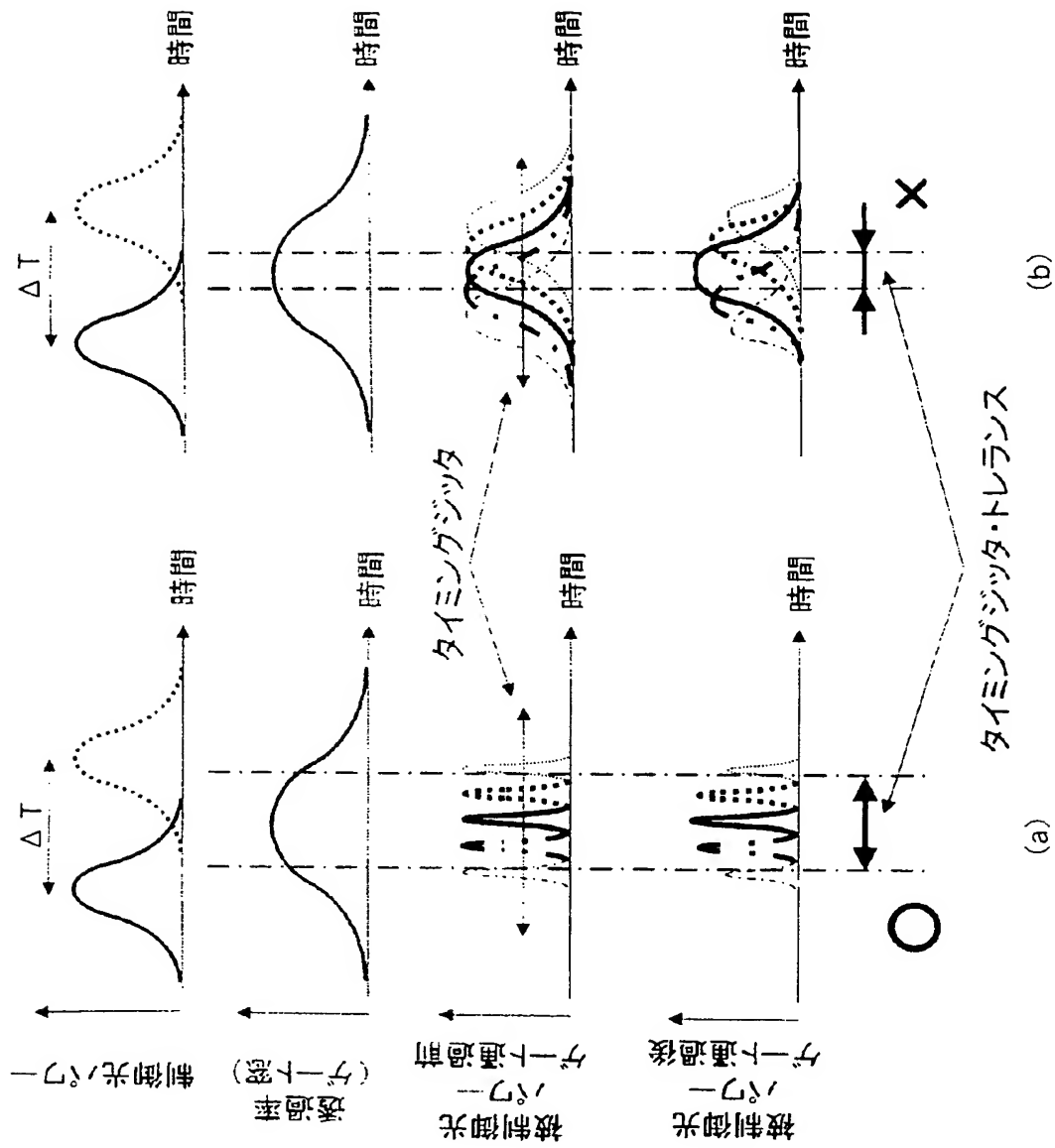
【書類名】

図面

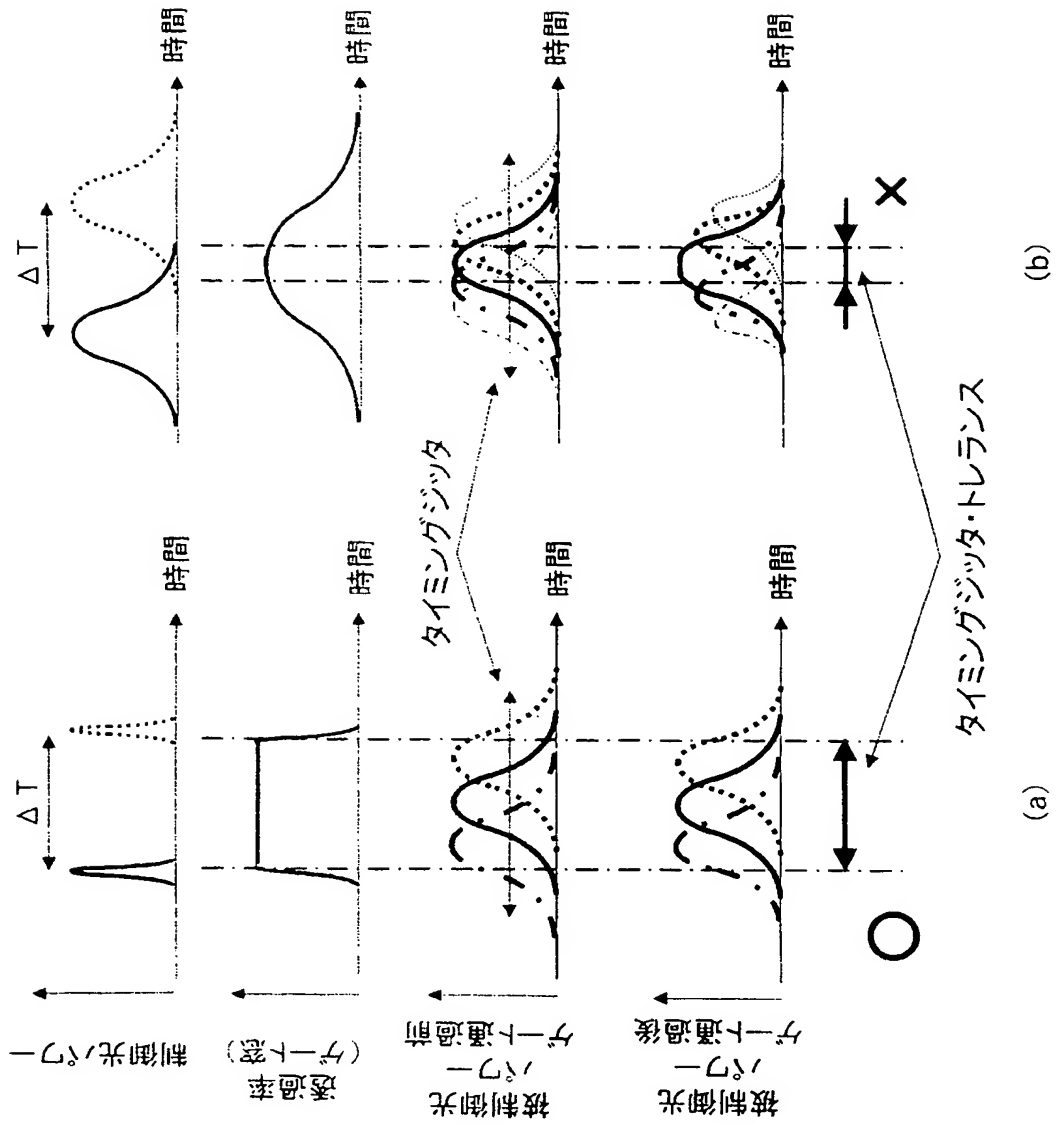
【図 1】



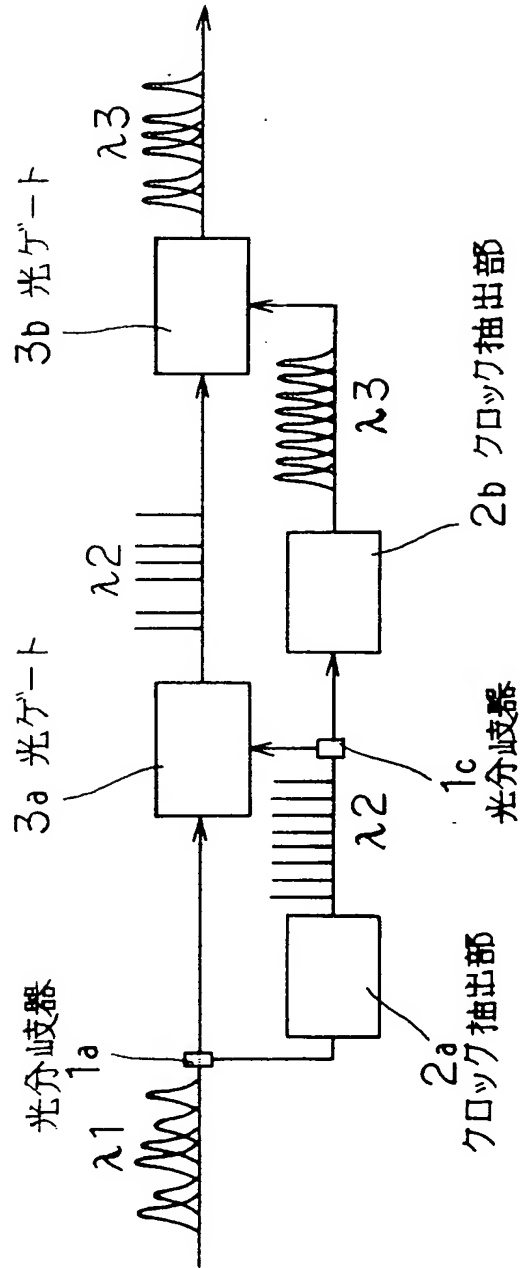
【図 2】



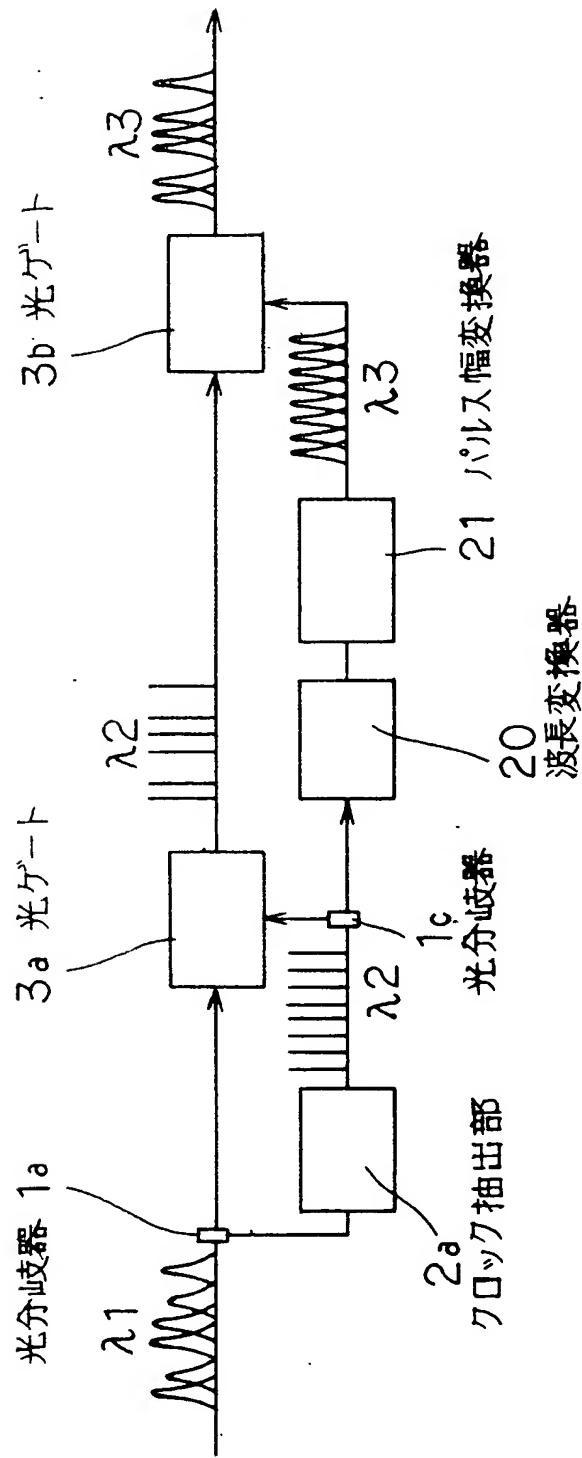
【図 3】



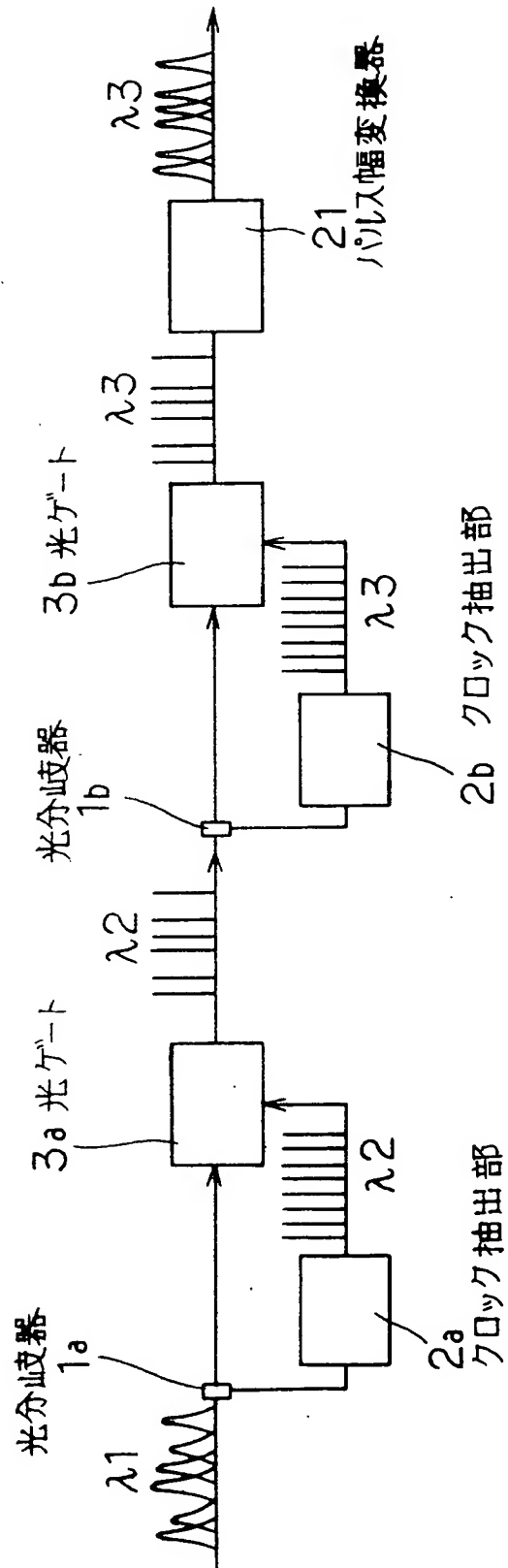
【図 4】



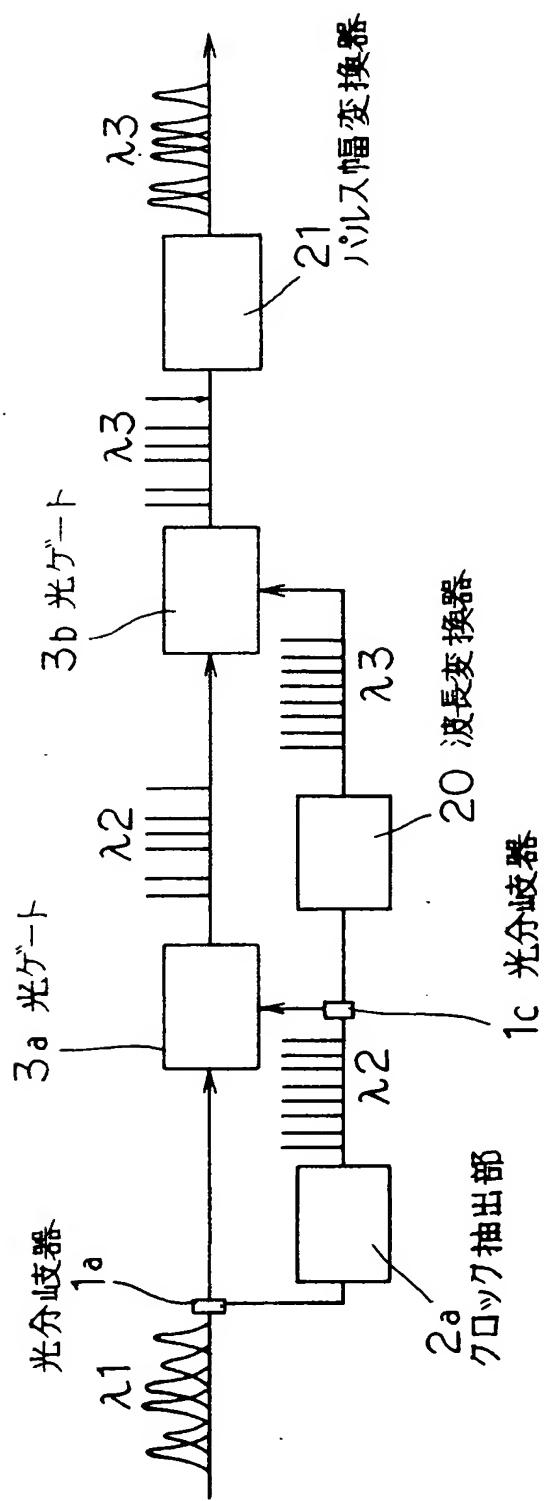
【図 5】



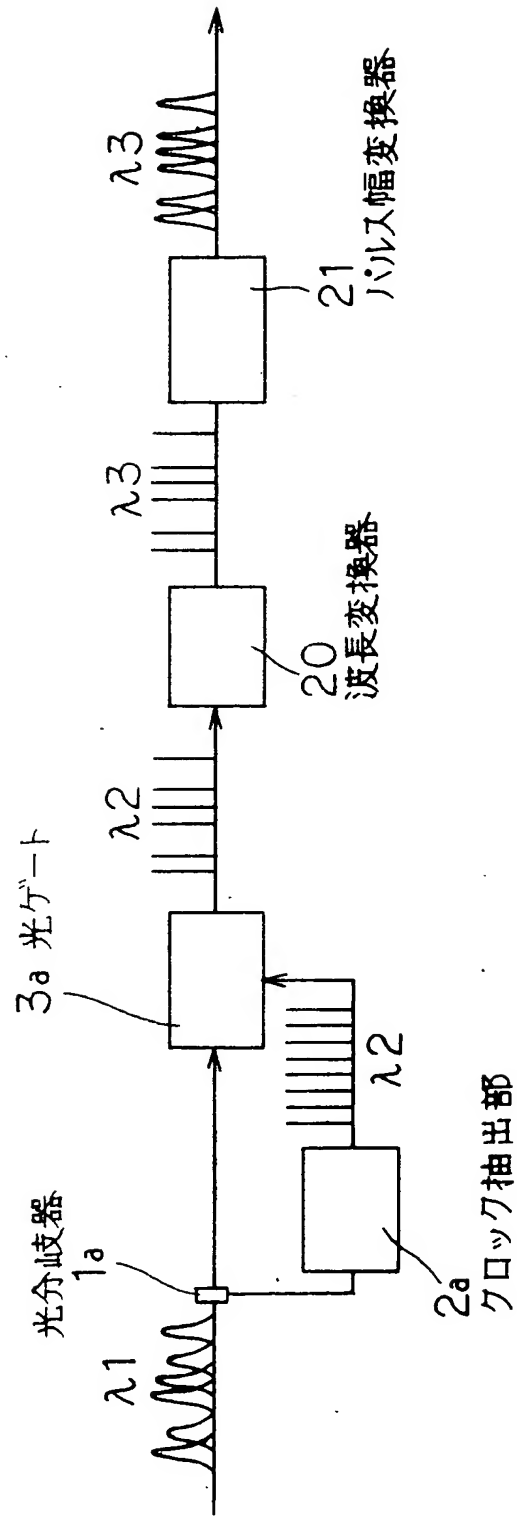
【図 6】



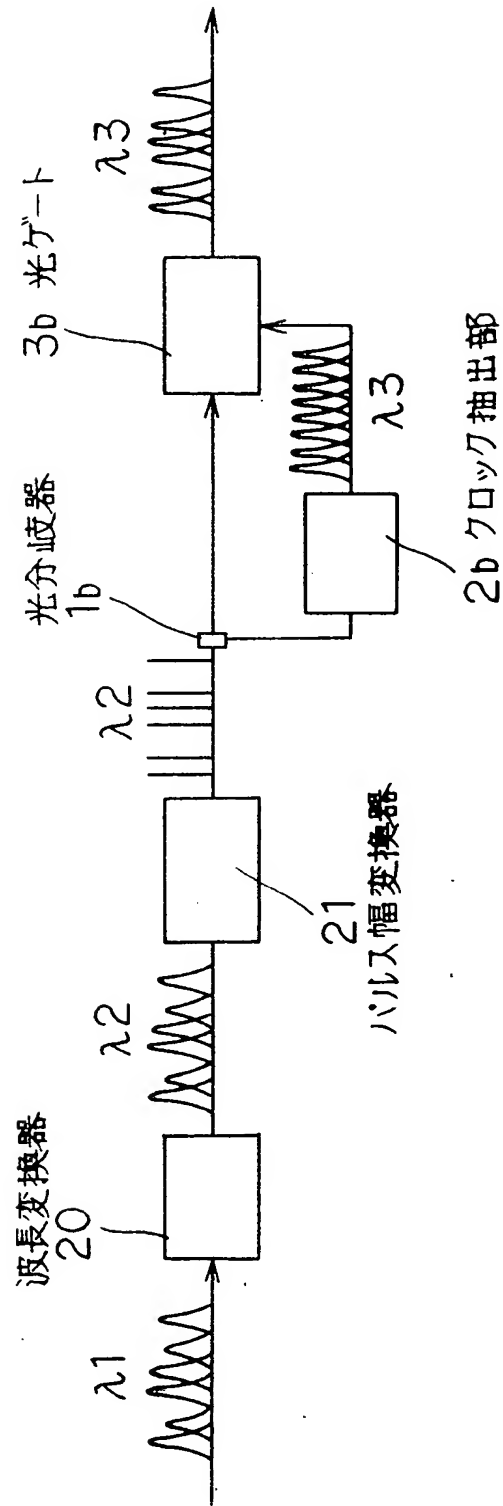
【図 7】



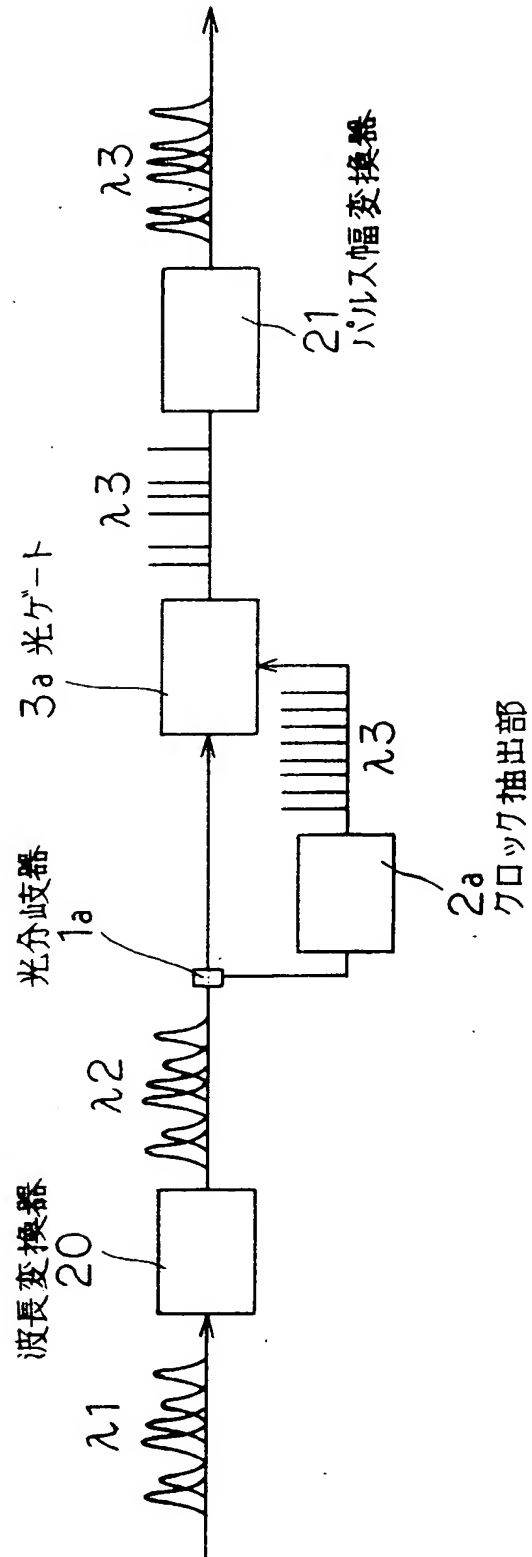
【図 8】



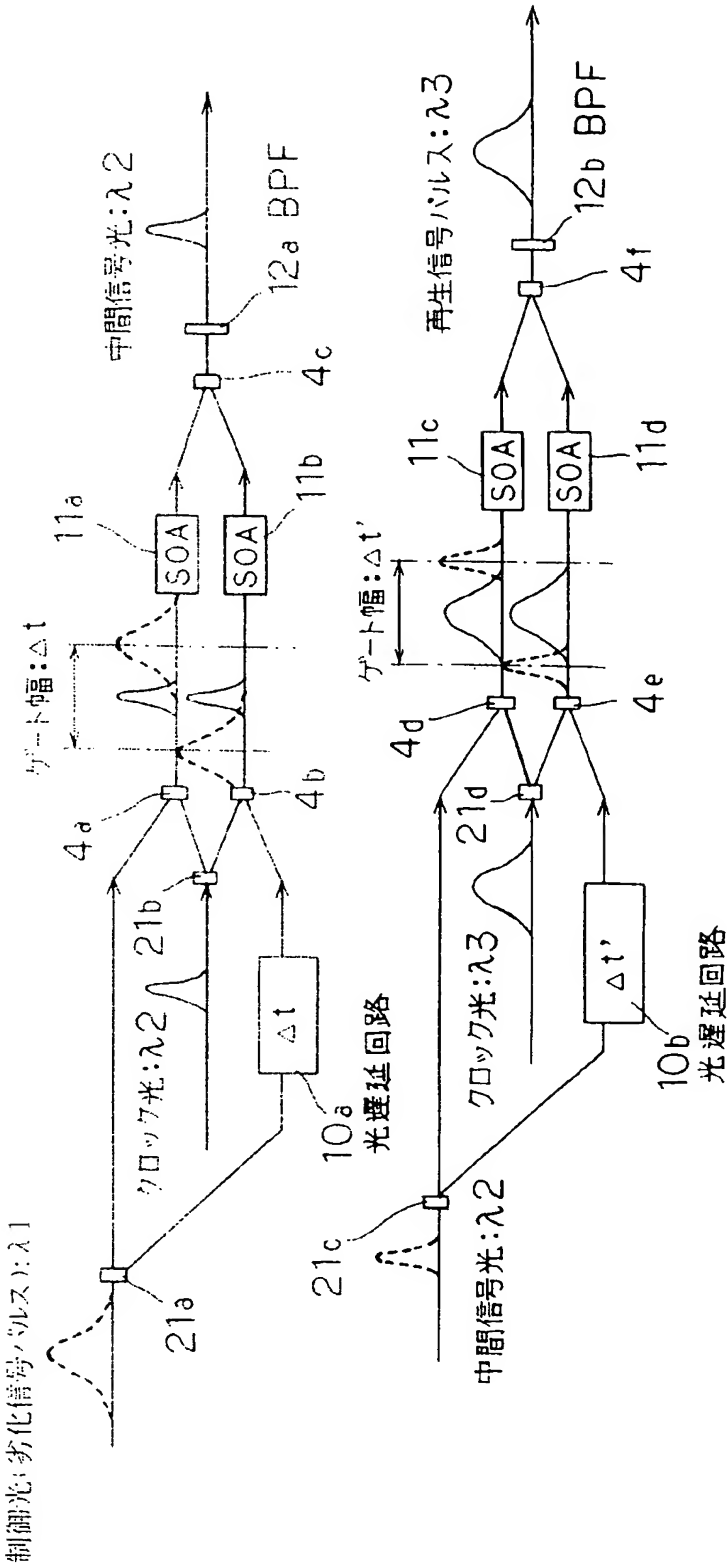
【図 9】



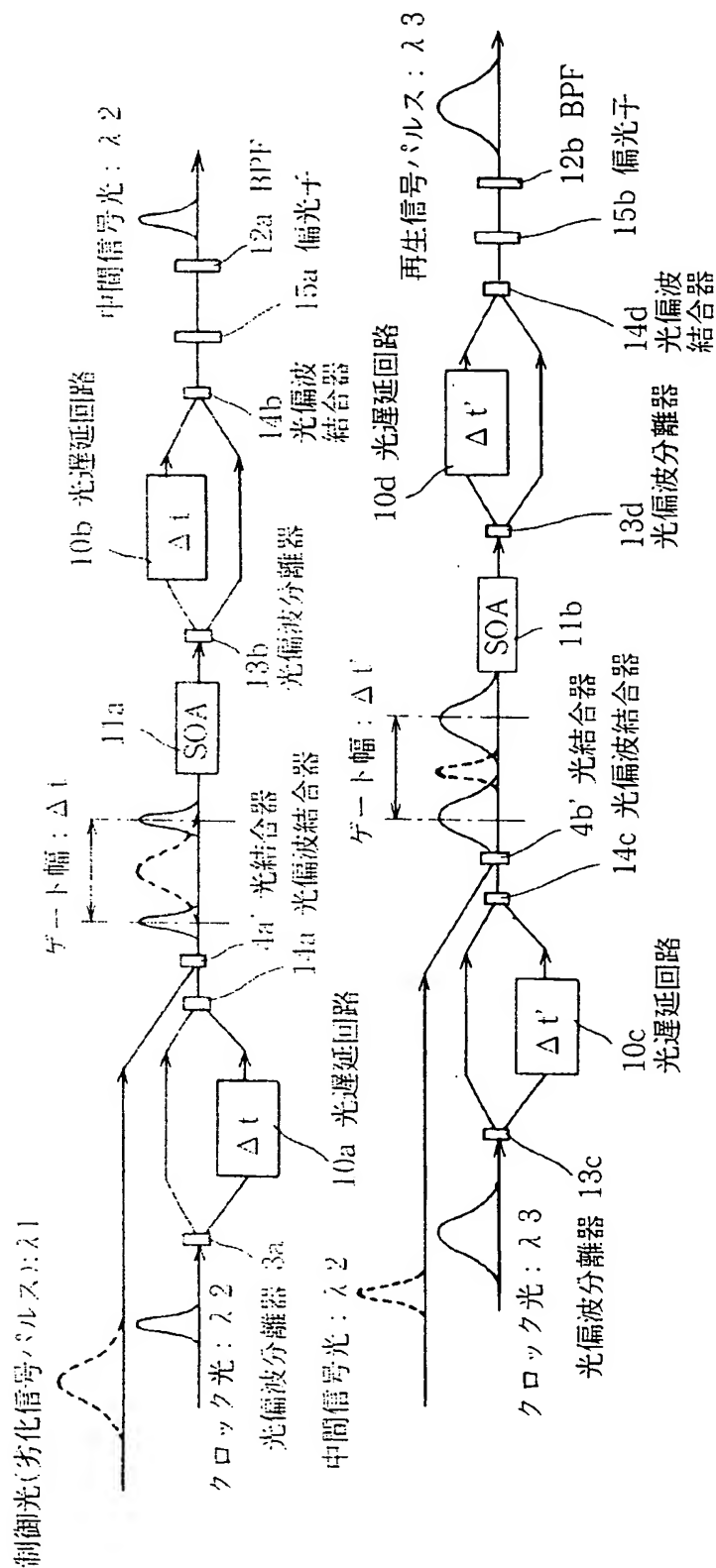
【図 10】



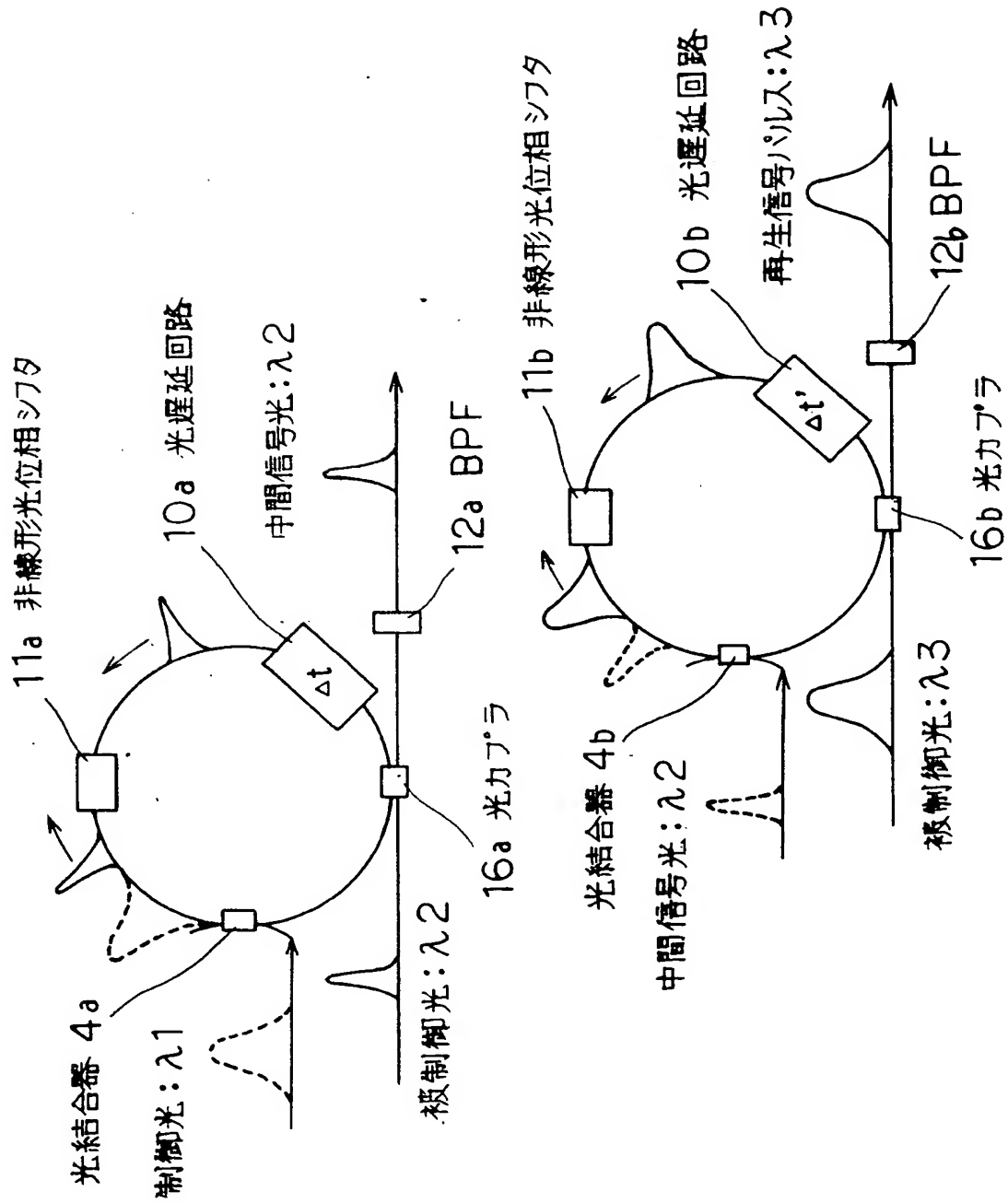
【図 11】



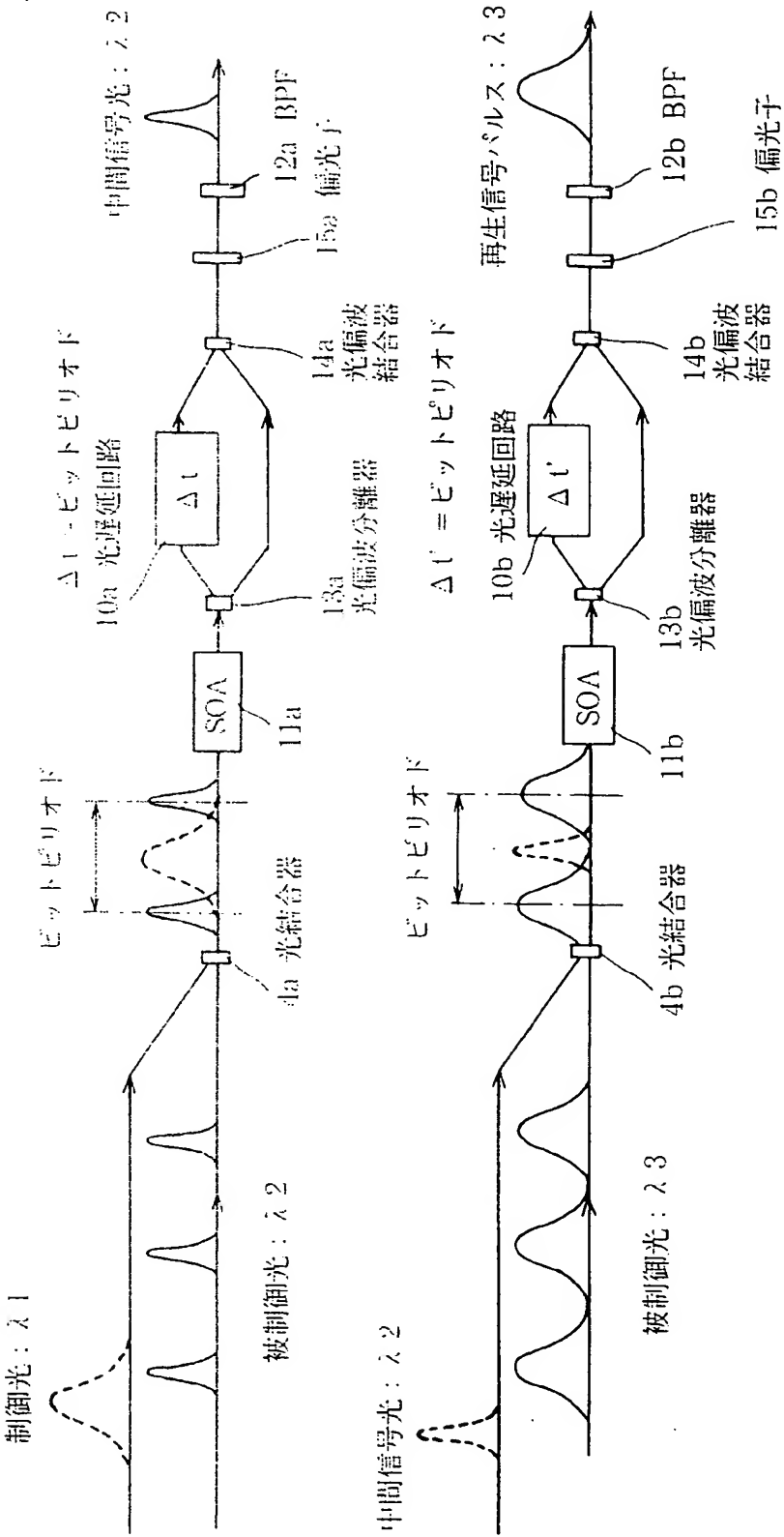
【図 12】



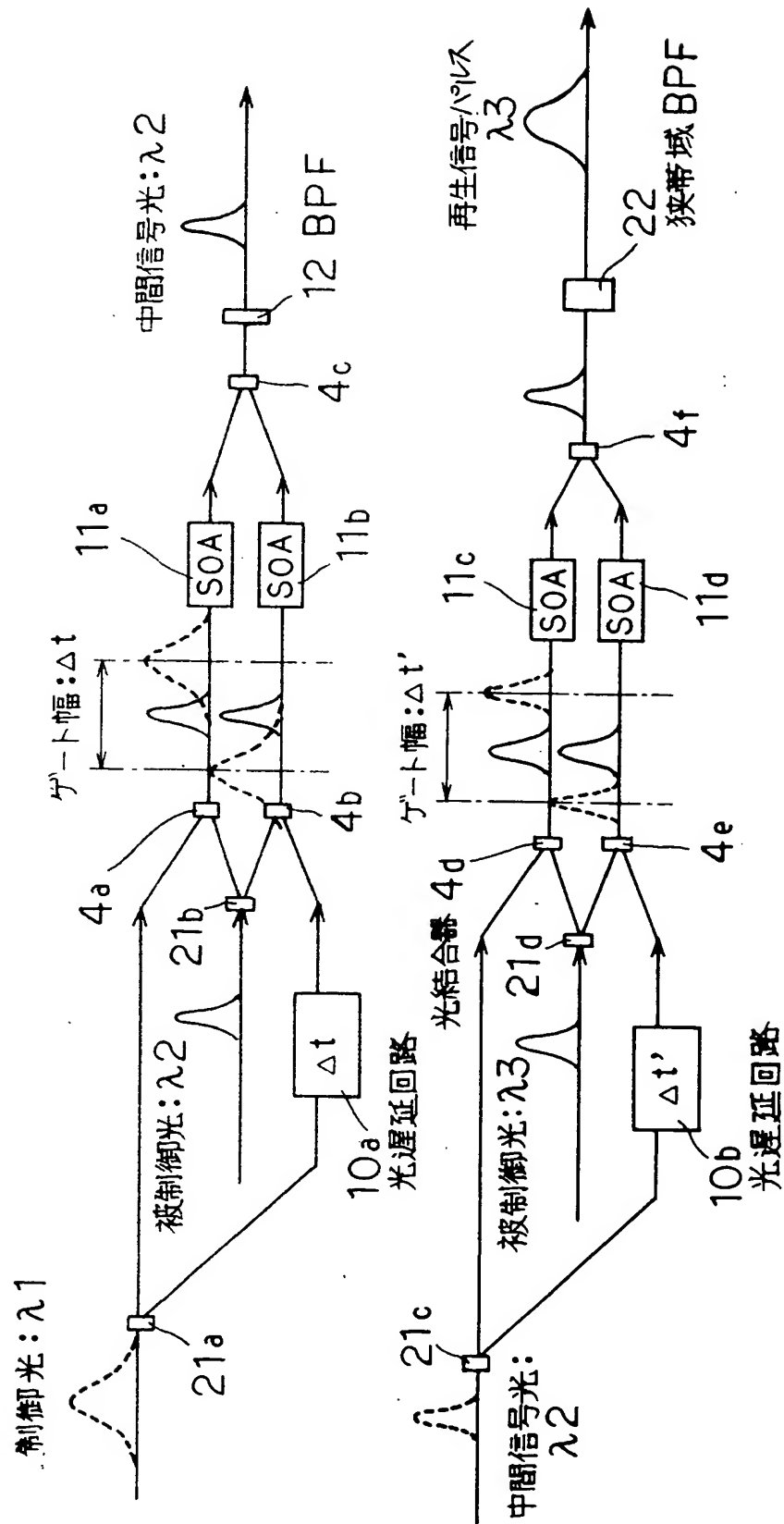
【図 13】



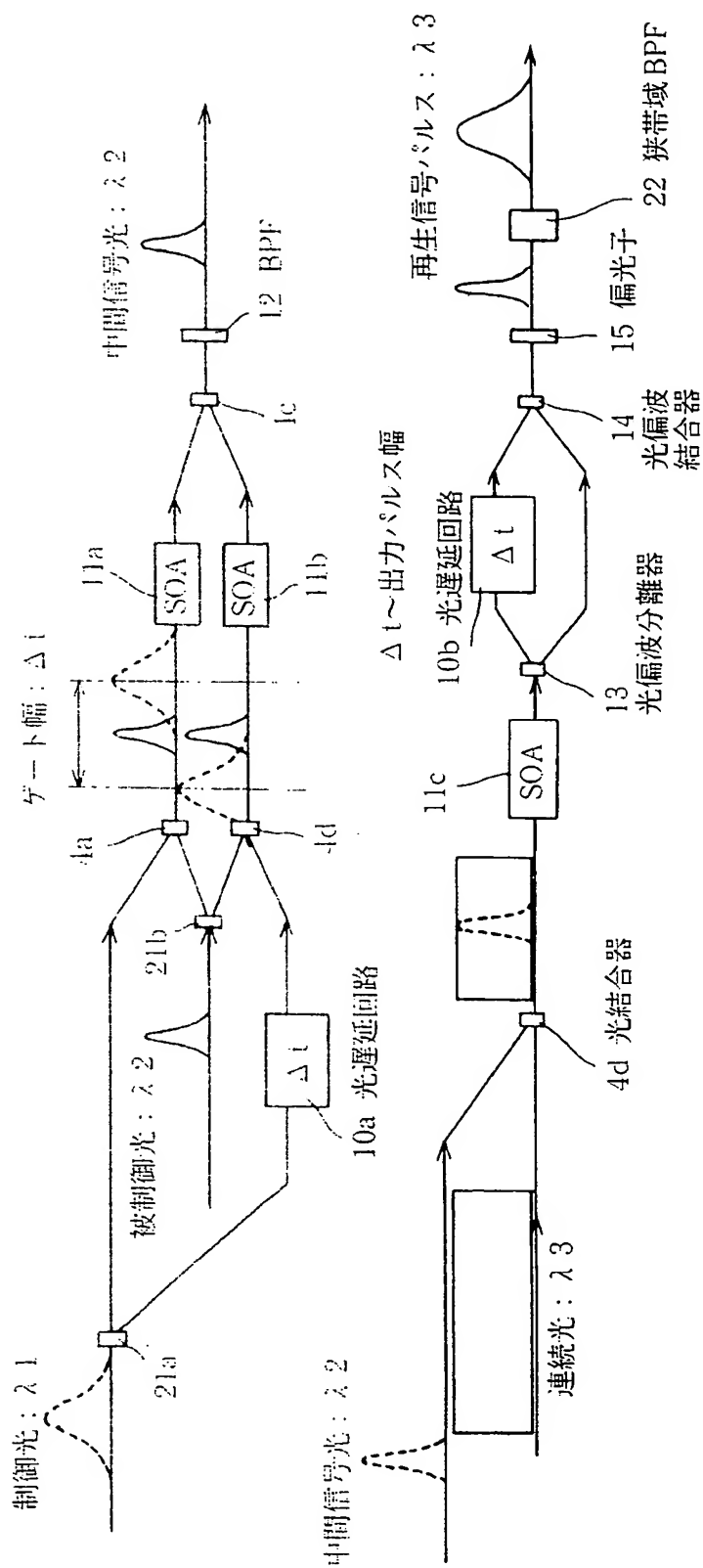
【図 14】



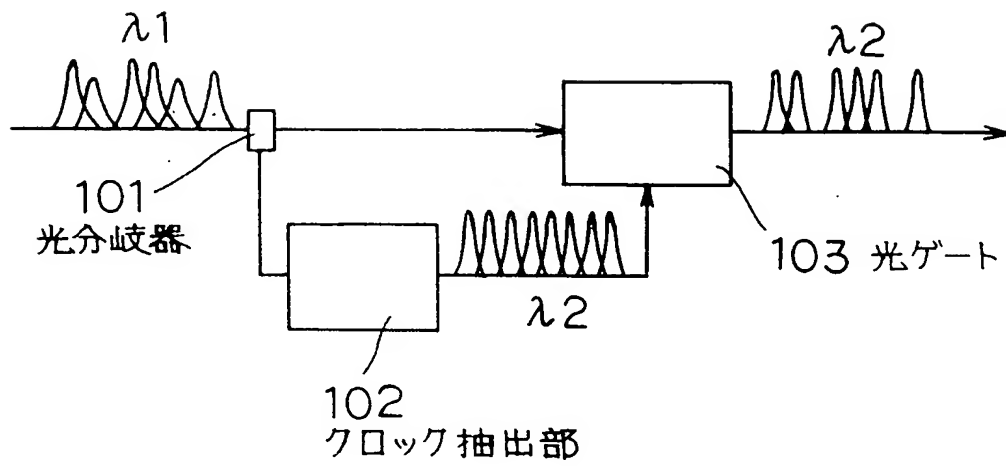
【図 15】



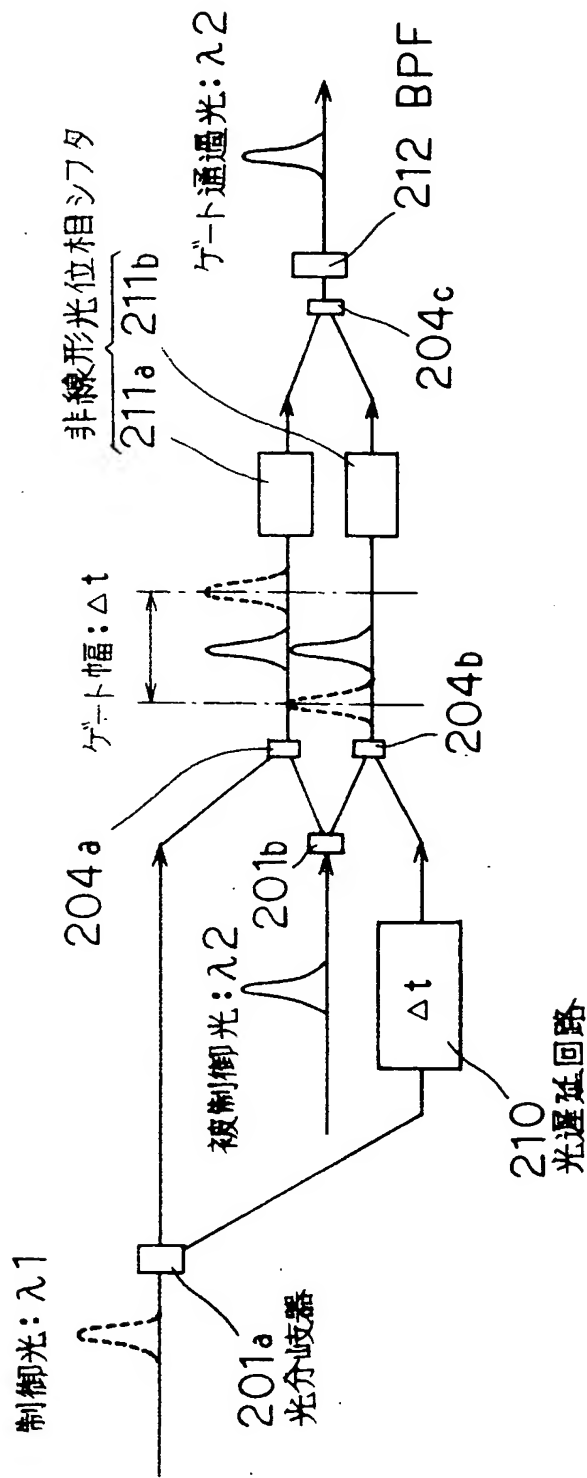
【図 16】



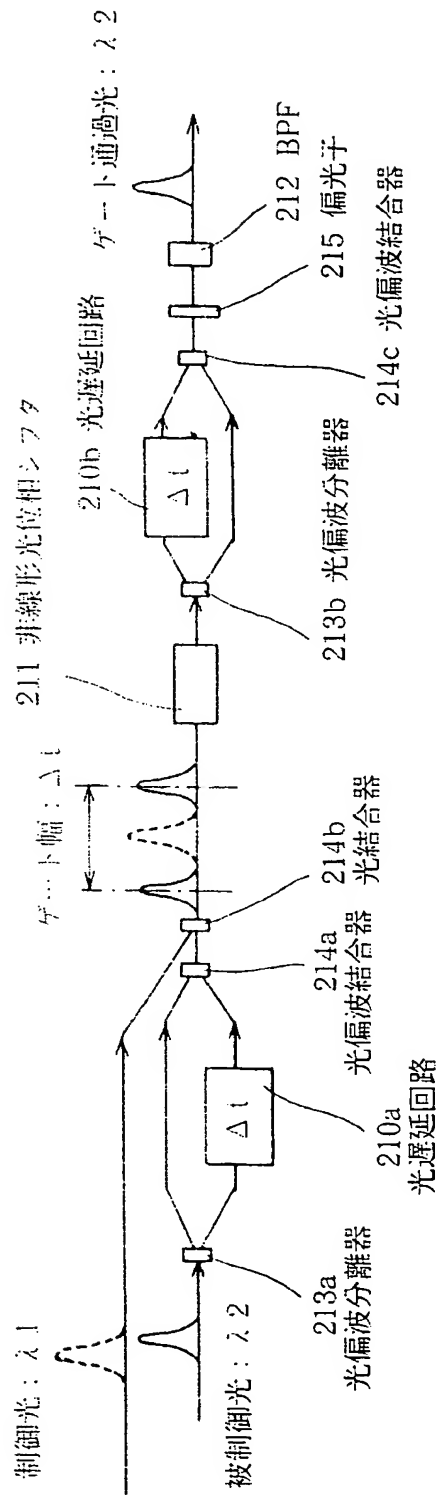
【図 17】



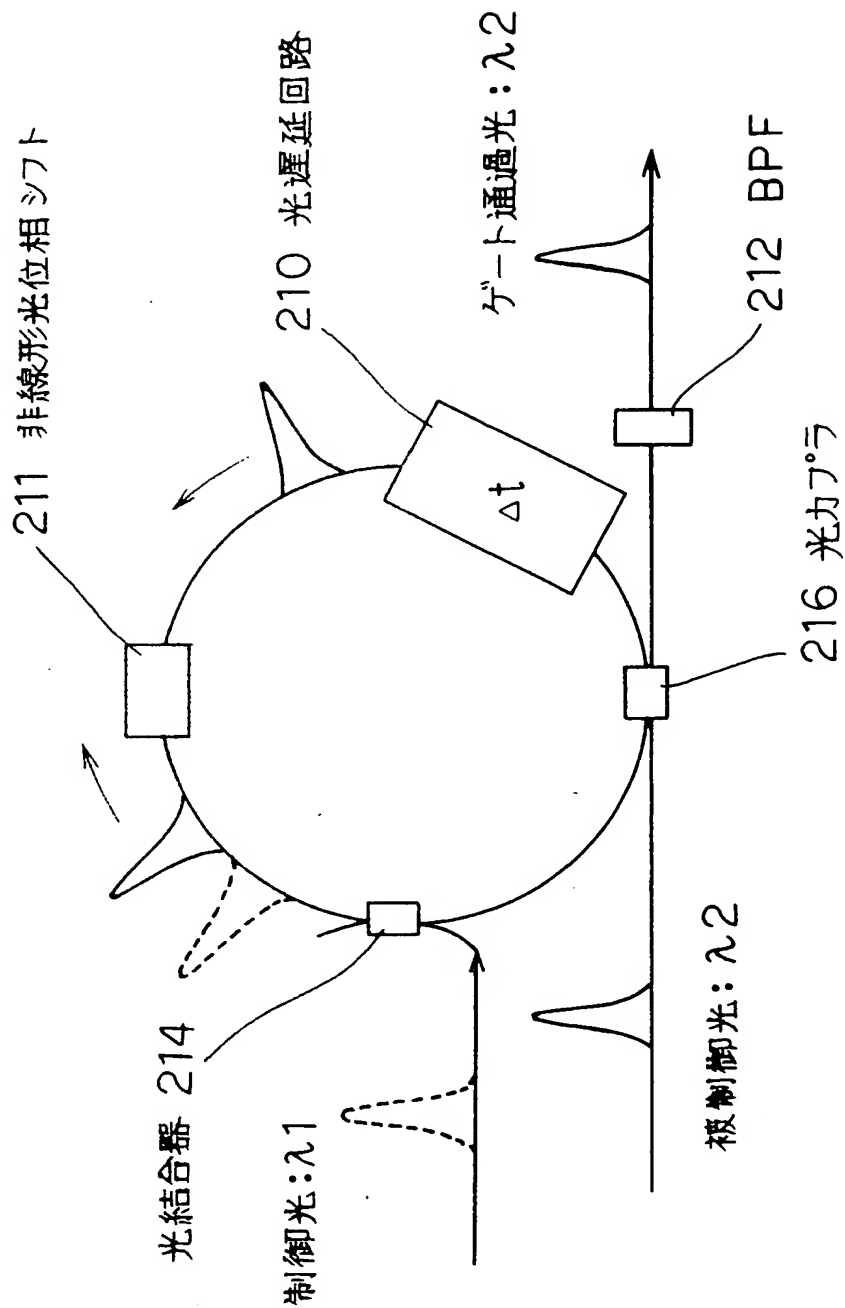
【図 18】



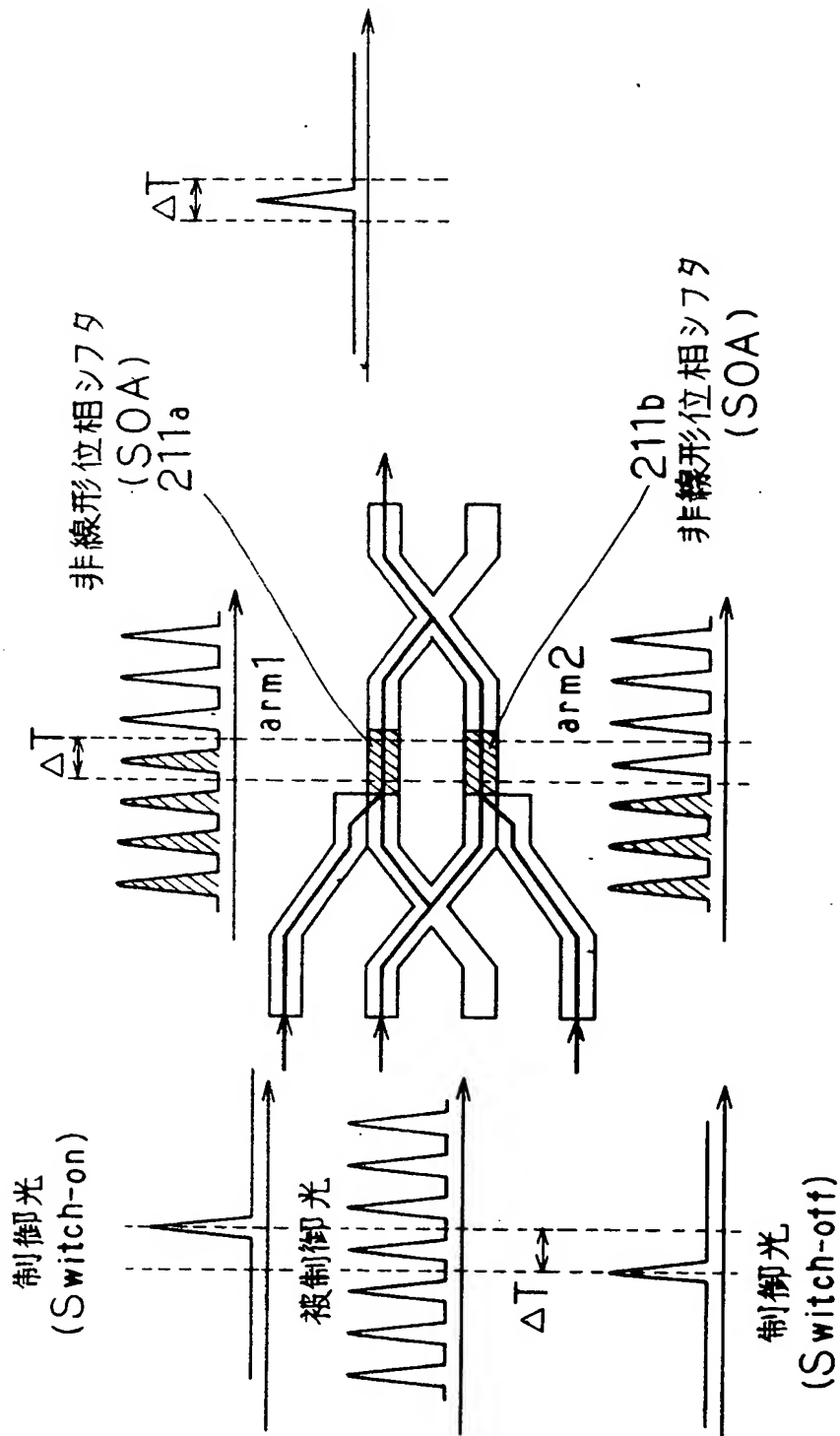
【図 19】



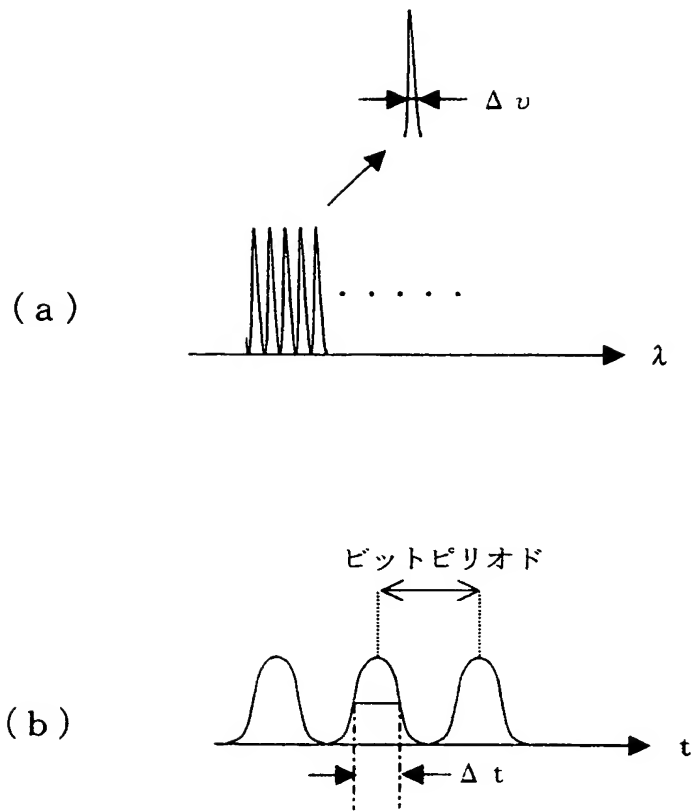
【図 20】



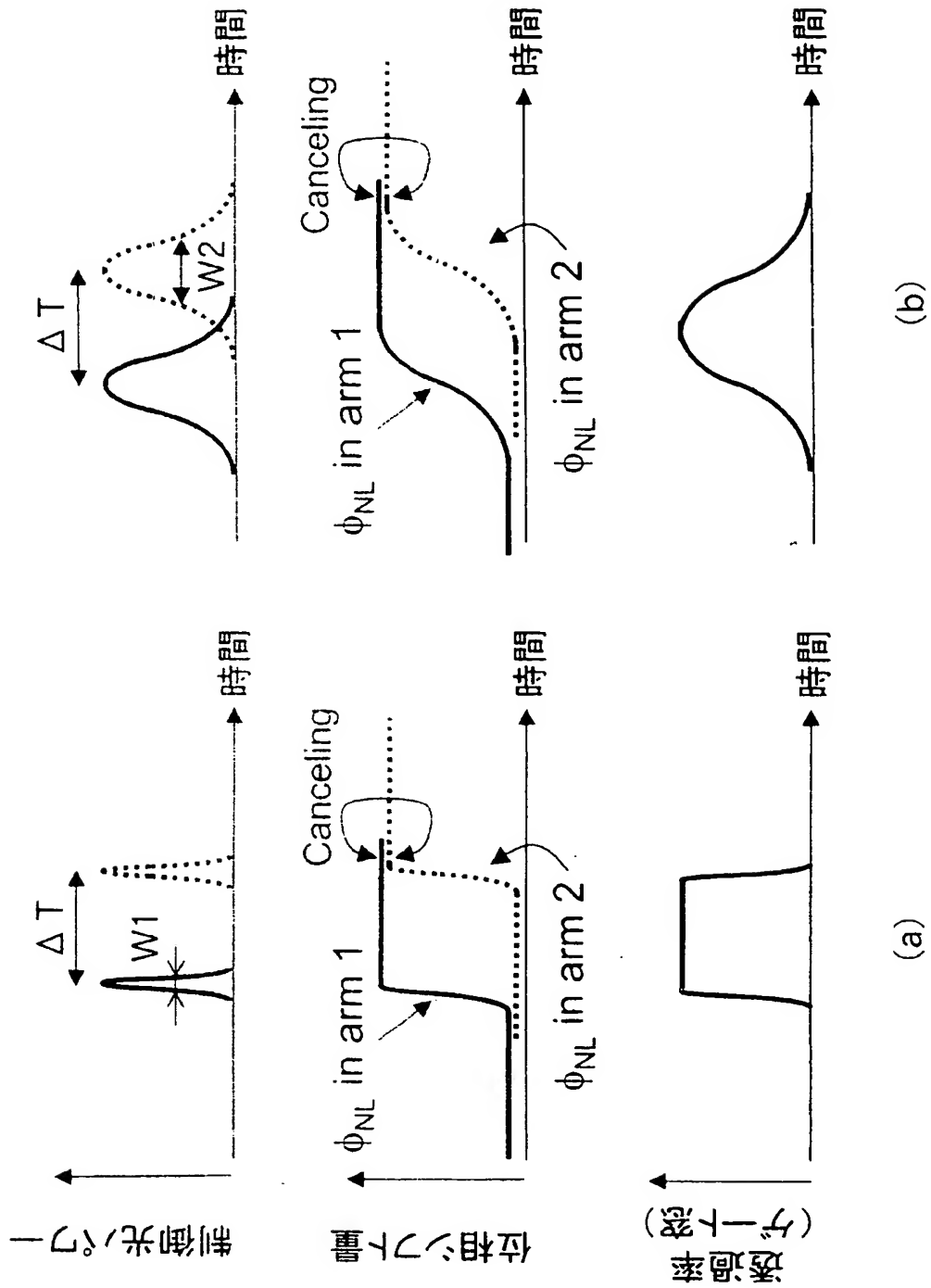
【図 21】



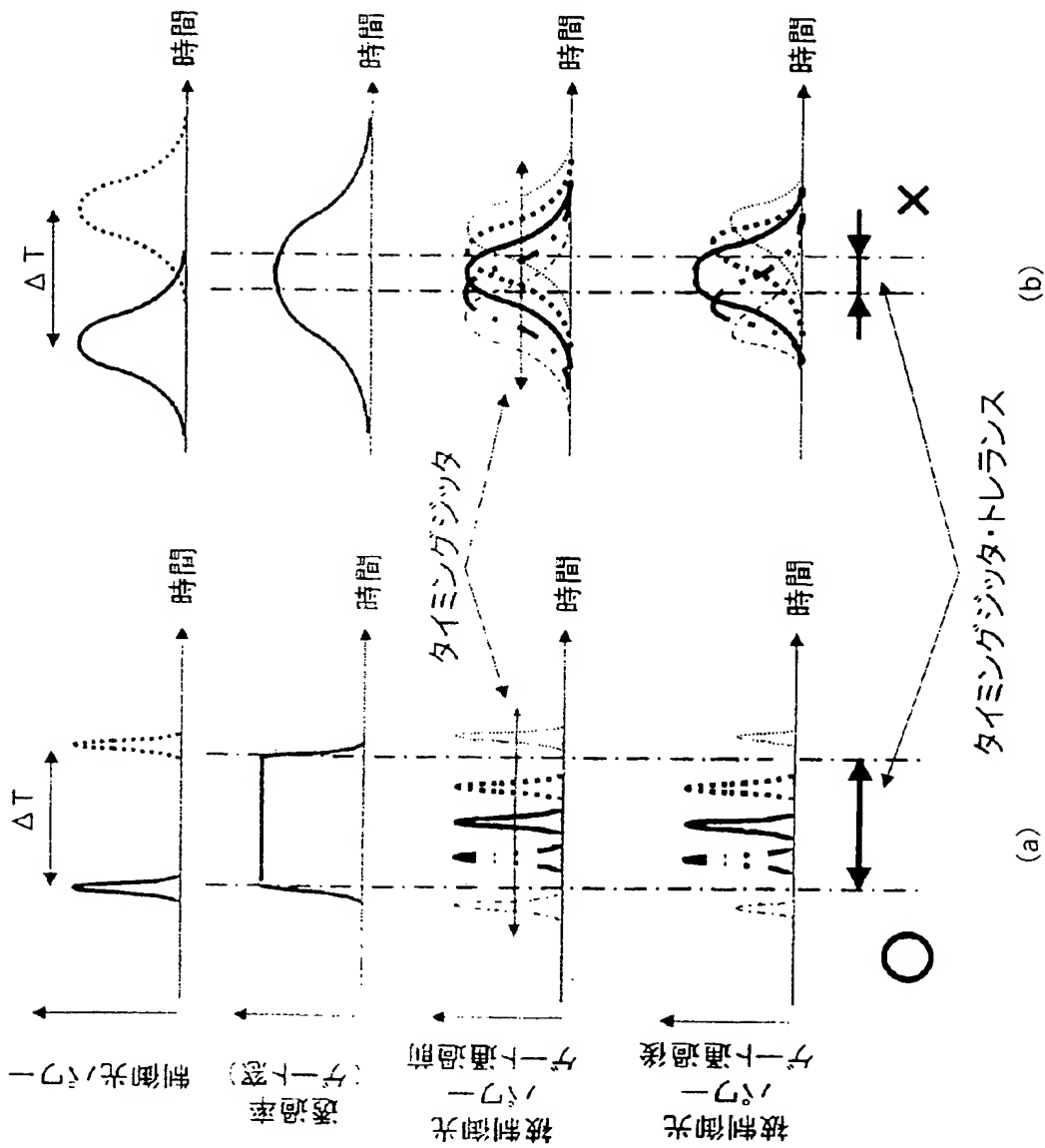
【図 22】



【図 23】



【図 24】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 パルス幅の広い光通信パルスに対しても十分対応しうる光信号再生中継器を提供する。

【解決手段】 外部より受信した光通信信号パルスからクロックを抽出して、パルス幅が十分に狭い第1のクロック光パルス生成するクロック抽出部2aと、上記光通信信号パルスによりゲートの開閉が行なわれ、クロック抽出部2aで生成された第1のクロック光パルスから中間信号光パルスを再生する光ゲート3aと、光ゲート3aで再生された中間信号光パルスからクロックを抽出して、所定のパルス時間幅を有する第2のクロック光パルス生成するクロック抽出部2bと、光ゲート3aで再生された中間信号光パルスによりゲートの開閉が行われ、クロック抽出部2bで生成された第2のクロック光パルスから上記光通信信号パルスに対応する光通信信号パルスを再生する光ゲート3bとを有する。

【選択図】 図1

特願 2 0 0 3 - 0 5 4 3 1 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 4 2 3 7 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都港区芝五丁目 7 番 1 号

氏 名

日本電気株式会社